

JOURNAL
DES MINES,

JOURNAL

DES

MINES.

PARIS.

JOURNAL
DES MINES,

OU

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

Par MM. COQUEBERT - MONTRET, HAÛY, VAUQUELIN,
GILLET-LAUMONT, BAILLET, HÉRON DE VILLEFOSSE,
BROCHANT, TREMERY et COLLET-DESCOSTILS.

Publié en vertu de l'autorisation du Conseiller d'Etat
Directeur-général des Mines de l'Empire français.

VINGT-NEUVIÈME VOLUME.

PREMIER SEMESTRE, 1811.

~~~~~  
A PARIS,

De l'Imprimerie de BOSSANGE et MASSON,  
rue de Tournon, N°. 6.

JOURNAL  
DES MINES.

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

Par M. LAPORTE, Membre de l'Académie des Sciences, et de  
l'Institut National des Mines, et de l'Académie des Sciences  
de Berlin, et de l'Académie des Sciences de Turin.

Publié en vertu de l'autorisation du Conseil d'Etat  
le 25 Ventôse an 10.

VINGT-NEUVIÈME VOLUME.

PARIS, CHEZ M. BACHELIER, Libraire, Palais National, ci-devant des Arts, ci-après de la Législation, sous le Vestibule, au Salon de Peinture, N. 10.

A PARIS, Chez M. BACHELIER, Libraire, Palais National, ci-devant des Arts, ci-après de la Législation, sous le Vestibule, au Salon de Peinture, N. 10.

JOURNAL DES MINES.

N<sup>o</sup>. 169. JANVIER 1811.

AVERTISSEMENT.

Toutes les personnes qui ont participé jusqu'à présent, ou qui voudraient participer par la suite, au *Journal des Mines*, soit par leur correspondance, soit par l'envoi de Mémoires et Ouvrages relatifs à la Minéralogie et aux diverses Sciences qui se rapportent à l'Art des Mines et qui tendent à son perfectionnement, sont invitées à faire parvenir leurs Lettres et Mémoires, sous le couvert de M. le Conseiller d'Etat Directeur-général des Mines, à M. Gillet-Laumont, Inspecteur-général des Mines. Cet Inspecteur est particulièrement chargé, avec M. Tremery, Ingénieur des Mines, du travail à présenter à M. le Directeur-général, sur le choix des Mémoires, soit scientifiques, soit administratifs, qui doivent entrer dans la composition du *Journal des Mines*; et sur tout ce qui concerne la publication de cet Ouvrage.

DE LA RICHESSE MINÉRALE,

*Or Considérations sur les Mines, Usines et Salines des différens Etats, et particulièrement du royaume de Westphalie, pris pour terme de comparaison; avec une Carte du royaume de Westphalie et des pays circonvoisins.*

Par M. HÉRON DE VILLEFOSSE, Ingénieur en chef des Mines et Usines de l'Empire français (1), Ex-Inspecteur-général des Mines et Usines des pays conquis, Associé-

(1) Actuellement Inspecteur-Divisionnaire au Corps impérial des Mines.

Correspondant de la Société royale de Göttingue, et de la Société des Amis de la nature de Berlin, Membre-Honoraire de la Société minéralogique de Jena, et de la Société d'Histoire naturelle de Hanau.

Avec l'Épigraphe :

Quæ in aperto gravia humum infra moliri.

(TACIT. *Annal. Lib. II. art. 20.*)

Paris (1), de l'Imprimerie de LEVRAULT, rue Mézières, près Saint-Sulpice. 1810.

Extrait par M. TONNELIER, Conservateur du Cabinet de Minéralogie de l'École impériale des Mines, Membre de plusieurs Sociétés savantes.

**L**ES Journaux chargés de faire connaître tout ce qui a rapport aux sciences et aux arts, ont rarement l'occasion de recommander à l'attention de leurs lecteurs un ouvrage aussi marquant et d'une utilité aussi étendue que celui dont nous allons rendre compte. La science qui s'occupe des productions du règne minéral, a fait depuis plusieurs années des progrès remarquables. Outre les recherches et les découvertes qui lui sont propres, elle a su mettre à profit, particulièrement en France, les travaux et les observations du physicien, du chimiste et du mathématicien. Envisagée sous cette nouvelle face, elle a reçu de l'illustre Haüy une constitution nouvelle; des règles fixes et des principes sûrs ont fait de cette branche de la physique une véritable science à part. Cepen-

(1) Un volume in-4°. de près de 600 pages; se trouve chez F. SCHOELL, Libraire, rue des Fossés-Saint-Germain-l'Auxerrois, n°. 29.

dant, il faut l'avouer, la nomenclature, les collections, les systèmes et les méthodes de cette science, qui sert de base à l'art des mines, ne paraissent à beaucoup de gens que l'aliment d'une vaine curiosité, tout au plus une occupation réservée à quelques savans, enfin un objet peu attrayant d'études froides auxquelles on pourrait rester étranger.

L'ouvrage que nous annonçons doit dissiper ces préventions, éclairer l'ignorance, et venger la dignité de ces sciences dont on ne pouvait mieux faire sentir tout le prix qu'en les considérant, comme le fait M. Héron de Villefosse, dans leurs rapports immédiats avec l'utilité publique.

Ce succès est d'autant plus assuré dans les circonstances actuelles, que les mines viennent de mériter l'attention particulière d'un Souverain dont les pensées embrassent tout ce qui intéresse la gloire et la prospérité de l'Empire. Une organisation nouvelle, et des choix dignes de lui, ont honoré la science en excitant la reconnaissance et le zèle de ceux qui se livrent à cette étude.

Avertis par une si grande autorité, si nous réfléchissons un instant sur nos besoins réels ou factices, et même sur nos fantaisies, nous remarquerons, peut-être avec étonnement, que nous ne pouvons satisfaire aucun de nos besoins, aucuns de nos goûts sans le secours des minéraux. En écartant l'idée de l'or et de l'argent, ces signes brillans et peut-être trop éblouissans de toutes les richesses, les autres substances minérales se présenteraient encore à nous comme des objets de première néces-

sité, comme des objets indispensables pour chacune de nos jouissances. Sans les ressources que fournit le règne minéral, l'homme n'aurait pu être civilisé, la société n'existerait pas. Comment se fait-il donc qu'une utilité si journalière et si universelle, ait été si peu sentie jusqu'à ce moment? Les notions que l'on a dans le monde des précieuses ressources que présentent les mines, semblent participer de l'obscurité qui les couvre. Le plus souvent l'homme du monde parle des minéraux qu'il foule sous ses pas avec moins de justesse que des objets produits ou fabriqués dans les contrées les plus lointaines. Est-ce parce que les lieux qui recèlent les minéraux exploitables sont quelquefois peu gracieux et peu fréquentés? n'est-ce pas plutôt parce que l'homme du monde ignore les beaux procédés à l'aide desquels l'intrepide mineur arrache ces substances du sein de la terre pour les livrer à l'industrie, qui les applique aux divers besoins de la société par une série ultérieure d'opérations non moins admirables? Bien plus! n'est-ce pas encore parce que les mœurs et l'existence politique des hommes qui se livrent à ces travaux, sont plus étrangères à l'homme du monde que celles des peuples les plus anciens ou les plus éloignés de nous? L'exploitation des mines est une véritable importation du monde souterrain dans celui que nous habitons; c'est une branche de prospérité publique digne d'attirer l'attention de tout homme éclairé; mais elle a besoin, pour développer ses fruits, d'être protégée par un Gouvernement paternel.

Telles sont les réflexions que fait naître l'ou-

vrage de M. Héron de Villefosse. Il découvre d'abord à nos yeux toutes les mines, usines et salines d'une grande partie de l'Europe. Il nous conduit, comme par la main, dans les profonds ateliers du mineur; il nous développe par degrés les procédés sans le secours desquels les richesses que renferment les mines resteraient ensevelies dans les entrailles de la terre. Par des observations sages et par des rapprochemens heureux, M. Héron de Villefosse présente des résultats propres à perfectionner tous les genres d'exploitation; résultats qui peuvent contribuer beaucoup à la conservation et à l'augmentation de nos richesses minérales. Pénétré de l'importance de son sujet, il traite avec autant de sagesse que de talent la question délicate de la propriété des mines. Il s'élève à ces considérations sur une base imposante de faits au moyen desquels il nous offre le produit absolu des mines exploitées dans les différentes parties du monde, compare leurs produits relatifs dans les pays où elles sont situées, avec les produits des mines du royaume qu'il a pris pour terme de comparaison et pour moyen préliminaire d'explication. S'appuyant ainsi sur des faits, l'auteur nous démontre tous les avantages qui peuvent résulter pour un Etat, de la conservation et de l'augmentation de sa richesse minérale; il établit d'une manière neuve et frappante la différence qui existe entre l'industrie relative au règne minéral, et les branches d'industrie qui tirent leurs alimens soit du règne végétal, soit du règne animal; de même qu'entre l'industrie génératrice qui obtient les produits bruts des mines et usines,

et l'industrie manufacturière qui les façonne ultérieurement.

Voilà les objets importans qu'embrasse dans son ensemble le *Traité de la Richesse minérale*, ouvrage plein d'intérêt dans tous les détails, et dont le titre seul est bien fait pour piquer la curiosité des lecteurs de toutes les classes. Voyons quel degré de confiance mérite un tel ouvrage.

L'auteur, chargé en 1803 de veiller à la conservation des mines et usines du Hartz, dans le pays de Hanovre, en qualité d'ingénieur-commissaire du Gouvernement français, avait reçu en même tems l'ordre de recueillir et d'envoyer au Conseil des Mines de France, les renseignemens les plus détaillés sur ces établissemens célèbres. Un séjour de plusieurs années, des rapports journaliers avec des hommes habiles dans toutes les parties de l'art des mines, une protection spéciale assurée aux établissemens du Hartz par les chefs des armées françaises, le mirent à même d'acquérir la connaissance des faits intéressans qu'il cherchait à recueillir autant par goût que par devoir. Nommé Inspecteur-général des mines et usines dans les pays conquis, par un décret de S. M. l'Empereur et Roi, en date du 20 janvier 1807, il vit un champ plus vaste d'instruction s'ouvrir devant lui. Jamais il ne s'était présenté une occasion aussi favorable d'étudier avec certitude les établissemens célèbres des diverses contrées de l'Allemagne; M. Héron de Villefosse sut en profiter. Le soin qu'il prit de comparer les mines et usines de ces pays avec celles qu'il avait vues ailleurs et sur lesquelles il avait recueilli

beaucoup de faits, fit naître dans son esprit l'idée première d'un ouvrage général sur les mines et usines. Il sentit dès-lors combien il serait utile de rendre comparables les ressources minérales de tous les pays, en exposant l'état actuel de leurs mines et de leurs usines, de présenter en même tems l'histoire raisonnée de leur administration, et de coordonner les résultats du premier point de vue à ceux du second. Il se dit à lui-même : si parmi les hommes instruits, peu de personnes sentent bien tous les avantages d'une exploitation régulière des mines; si des publicistes, des magistrats, des entrepreneurs de travaux souterrains, égarés par des analogies trompeuses, n'ont pas apprécié convenablement les ressources que la richesse minérale offre à leur patrie, s'ils n'ont pas des idées exactes sur la manière de les conserver et de les augmenter; s'ils ignorent dans quelle situation leur propre pays se trouve à cet égard comparativement aux autres, c'est sans doute parce que jusqu'ici aucun auteur n'a présenté, sous un jour assez frappant, les notions qu'il est indispensable d'avoir sur cette matière pour en sentir toute l'importance. En effet, parmi les ouvrages imprimés en France, en Allemagne, en Angleterre, pays où l'on a le plus écrit sur le règne minéral, on n'en peut citer aucun qui réunisse les mines, usines et salines des divers pays, aucun qui en fasse connaître l'état actuel, sous le double point de vue de l'économie politique et de l'art. Le *Traité sur la Richesse minérale*, en le considérant sous ces deux rapports, a comblé un grand vide qui existait dans les écrits

scientifiques publiés jusqu'ici sur l'art des mines. L'auteur, nommé tout récemment par S. M. I. inspecteur-divisionnaire au corps impérial des mines de l'empire français, au retour d'une nouvelle mission dont il avait été chargé en 1809 pour l'organisation des mines du grand-duché de Berg, vient de remplir glorieusement une tâche qu'il avait entreprise avec courage. Des faits nombreux présentés dans un ordre lucide, consignés dans des tableaux authentiques, enchaînés les uns aux autres d'une manière propre à frapper l'esprit, accompagnés de réflexions sages sur les mines en général, et de considérations lumineuses à mesure que les diverses localités les font naître; tels sont les titres qui recommandent cet ouvrage comme le traité le plus complet qui ait paru sur les mines, usines et salines. Mais entendons l'auteur lui-même exposer le plan de son travail. « Il se » présente, dit-il, deux points de vue sous les- » quels il est également utile de considérer » l'exploitation des mines, usines et salines. » L'un a pour objet la direction économique, » l'autre la direction technique des établisse- » mens de ce genre.... La direction économi- » que embrasse tout ce qui se rapporte à l'ad- » ministration des mines, usines et salines, soit » à l'administration publique par laquelle un » gouvernement sage veille à leur conservation, » et assure leur prospérité pour l'intérêt gé- » ral; soit à l'administration particulière par » laquelle une compagnie d'exploitans règle la » marche de ses opérations pour l'intérêt de ses » divers membres... Ainsi la direction écono- » mique comprend la détermination et le main-

» tien des droits de tous ceux qui prennent » part à l'exploitation, l'examen des projets » relatifs aux travaux, la comptabilité tant en » nature qu'en argent, l'approvisionnement » des objets nécessaires à l'activité des ateliers, » et enfin le commerce des produits minéraux. » La direction technique s'occupe plus parti- » culièrement de la recherche des faits natu- » rels, de la disposition et de l'exécution des » travaux souterrains, de l'extraction et du » traitement des substances minérales, du per- » fectionnement des procédés, et en général » de l'application des sciences à la pratique de » l'art des mines et usines ». Cette distinction de deux branches dans l'exploitation du règne minéral, a déterminé le plan de l'ouvrage qui comprend deux divisions principales, dont chacune tire son nom de la branche qu'elle a pour objet. Le premier volume qui paraît, comprend la division économique; le second, qui paraîtra incessamment, est consacré à la partie technique. Nous dirons plus tard quelques mots de ce second volume, qui doit être accompagné d'un bel atlas de l'art des mines et usines, atlas déjà connu de l'Administration dont il a mérité les éloges. Au premier volume, est jointe une carte du royaume de Westphalie, dans laquelle, à l'aide d'un certain nombre de signes notés en marge, se trouve indiquée sans confusion, outre les renseignemens ordinaires, la situation des mines, usines et salines de ce pays, et des contrées voisines; c'est-à-dire, d'une région très-étendue et très-favorisée de la nature, sous le rapport de la richesse minérale. L'auteur s'en est servi comme d'une école

préparatoire par laquelle il fait passer son lecteur pour lui apprendre ce que c'est qu'une exploitation en grand des mines, usines et salines. Les raisons qui ont déterminé la préférence accordée à ces riches contrées, comme moyens d'instruction préliminaire, ne permettent pas de penser qu'il fût possible de faire un choix plus heureux. « Nommer les mines d'argent, de cuivre, de plomb, de fer, qui sont en activité dans le Hartz; les mines de cuivre du pays de Mansfeld, les exploitations de combustibles fossiles que présentent les rives de la Saale, de la Fulde et du Weser; les mines de cuivre et de cobalt qui sont ouvertes entre la Fulde et la Werra, les salines des rives de l'Elbe, celles des environs du Hartz et du mont Meissner, et plusieurs autres établissemens qui sont situés dans le royaume de Westphalie; c'est rappeler à l'observateur des lieux recommandés à son attention par les naturalistes les plus éclairés, à l'homme du métier, des modèles à étudier pour toutes les parties de l'art des mines; à l'homme d'état, de vastes sources de prospérité publique ».

La division économique, qui forme seule le premier volume de l'ouvrage de M. Héron de Villefosse, comprend quatre parties: les deux premières sont consacrées aux mines, usines et salines du royaume de Westphalie; les deux autres s'étendent à tous les autres pays.

Première  
partie.

La première partie présente séparément des détails statistiques et administratifs qui se rapportent à chacune des contrées où sont situées les mines, usines et salines du royaume

de Westphalie. Telles sont 1°. les mines et usines qui ont appartenu à la Prusse. 2°. Celles du Hartz, et en général les établissemens qui ont appartenu tant au pays d'Hanovre qu'au pays de Brunswick. 3°. Les mines et usines de la Hesse. 4°. Par forme d'appendice, celles des comtés de Hanau et de la Mark, des pays de Schmalkalde, de Anhalt et du Mansfeld-Saxon. Resserrés par les bornes que nous assigne une simple analyse, nous ne pouvons qu'exprimer nos regrets de ne pas suivre l'auteur dans les détails qu'il donne sur les mines de ces pays, et principalement sur la manière dont elles sont administrées. Nous indiquerons cependant, comme aussi curieux qu'instructif, tout ce qui concerne le Hartz.

Là, point d'autre moyen d'existence que l'exploitation des mines, point d'autres ressources que les travaux métallurgiques. « C'est dans ce pays qu'habite un peuple robuste et patient, qui depuis environ huit siècles a tiré d'immenses richesses du sein de la terre, et reste toujours pauvre; qui s'ennorgueillit des dangers de sa profession, des rigueurs de son climat, et qui par une suite heureuse de l'esprit public introduit de bonne heure, et toujours entretenu dans le Hartz, préfère ses montagnes et ses mines au reste de l'univers, et dédaigne même le plus souvent de descendre dans la plaine ». La découverte des mines d'Andreasberg en 1520, la fondation de la ville de ce nom, celle des autres villes de mines (Bergstäedte) qui sont Clausthal, Zellerfeld, Wildemau, Lautenthal, Grund et Altenau; les mesures paternelles qui furent prises par le

Gouvernement pour y appeler des colons industriels, pour y fixer des citoyens laborieux par des privilèges calculés sur l'intérêt public, sont autant d'objets sur lesquels M. Héron de Villefosse arrête un instant le lecteur, persuadé que « si l'histoire des grandes nations a seule » le droit d'exciter l'admiration, celle d'un petit » peuple aux prises avec les rigneurs de la nature, ne laisse pas d'intéresser l'observateur ». Il insiste d'une manière particulière sur l'organisation des mines et usines de ce pays, sur leurs produits ménagés avec assez de sagesse pour qu'ils soient à peu près les mêmes chaque année, pour que le mineur ne laisse au hasard que ce qu'il ne peut lui enlever par la prudence. Ici l'auteur repasse successivement les progrès que l'art des mines a faits dans le Hartz pendant le siècle dernier. Les tableaux qui accompagnent les détails relatifs aux établissemens, en font connaître la situation depuis la fin du seizième siècle, jusqu'au moment actuel.

Le service des mines et usines étant la destination principale des forêts du Hartz, M. Héron de Villefosse ne pouvait passer sous silence un objet aussi important. Il fait connaître leur étendue, les moyens employés avec plus ou moins de succès pour leur conservation et leur renouvellement. Depuis trente ans, ces forêts ont eu beaucoup à souffrir des ouragans et des incendies. La perte causée par les premiers, dans le cours des trois années 1800, 1801 et 1803, équivalait à un abattis complet de six à huit mille arpens de forêts. Veut-on avoir un exemple des grands effets que peut produire une cause très-petite en apparence, lorsque

lorsque le nombre des agens et le tems concourent à l'agrandir? On en trouvera un des plus frappans dans les forêts du Hartz. Nul fléau ne leur a été aussi funeste qu'un insecte de l'ordre des coléoptères (*dermestes typographus*, Linn.). Cet insecte a détruit dans l'espace de cinq années, deux millions deux cent quatre-vingt-neuf mille six-cent vingt-deux pieds d'arbres et dévasté une étendue d'environ quinze mille cent quatre-vingt-seize arpens, c'est-à-dire, un douzième de l'étendue totale des forêts du Hartz Hanovrien. Ce dermeste, dont on a compté quatre-vingt mille nymphes ou larves dans l'aubier d'un seul sapin, a été combattu par de savans naturalistes et par d'habiles forestiers. Il a cessé, ou du moins suspendu ses ravages depuis plusieurs années.

La deuxième partie présente le tableau général des salines du royaume de Westphalie, et des pays qui l'environnent : ce royaume possède quatorze salines domaniales. Il en sort annuellement 32,964 lasts de sel, chacun du poids de 3,240 livres. Si l'on compare la quantité de sel produite à celle qui se consomme annuellement dans le royaume de Westphalie, on trouve un superflu de 22,572 lasts, qui a son principale débouché naturel dans la Prusse, aujourd'hui privée de salines et dont la population composée de 5,357,000 habitans, consomme 29,371 lasts de sel. Les salines que possédait autrefois ce royaume étaient administrées de la manière la plus avantageuse pour le Souverain. C'est ce qui a engagé l'auteur à présenter un tableau détaillé de cette adminis-

Deuxième  
partie.

tration, auquel il a joint des renseignemens très-importans sur les fabriques de produits chimiques, dont les directeurs ont su mettre à profit des matières rejetées auparavant comme inutiles.

Avant de passer à la troisième partie dans laquelle il est question, entre autres objets, des salines situées dans les différens Etats de l'Europe, nous remarquerons ici, par une anticipation qu'on nous pardonnera en faveur de l'à-propos, que la masse totale du sel qui s'extrait chaque année en Europe du sein de la terre ou des eaux, s'élève de 25 à 30 millions de quintaux chacun de 110 livres. Si donc on évalue le sel à 5 francs le quintal, en y comprenant les droits, le numéraire mis en circulation par ce seul genre de travail est de 125 millions de francs. D'après les profondes recherches de M. Héron de Villefosse, on a lieu de penser que les trois parties du monde dont les salines nous sont peu connues, produisent annuellement deux fois autant de sel que l'Europe.

Troisième  
partie.

La troisième partie de l'ouvrage qui nous occupe a pour objet de comparer, sous le point de vue de l'économie politique, la richesse minérale du royaume de Westphalie, avec celles des autres Etats de l'Europe et de l'Amérique. Pour atteindre ce but, l'auteur établit d'abord une distinction très-importante entre la richesse minérale *absolue* et la richesse minérale *relative*. La richesse minérale *absolue* est celle qui, abstraction faite de l'étendue du territoire qui la possède, et du nombre d'habitans qui est à portée d'en jouir, résulte de la valeur annuelle

des produits bruts des mines, tant de ceux qui deviennent *marchandises* par l'exploitation seule des mines, comme sont les combustibles fossiles, la houille, par exemple, que des produits qui, pour devenir *marchandises*, exigent des préparations ultérieures, le feu des usines, ou l'emploi d'autres agens; tels sont les métaux à l'état de pureté qui leur donne pour la première fois leur nom propre à l'aide des opérations métallurgiques; tels sont plusieurs oxydes, et plusieurs sels métalliques ou terreux.

La richesse minérale devient *relative*, c'est-à-dire, elle influe plus ou moins sur la prospérité des Etats auxquels la nature l'a départie, à proportion de la surface de leur territoire et de leur population. Les exemples suivans suffisent pour rendre sensible la différence que M. Héron de Villefosse établit entre la richesse minérale *absolue* et la richesse minérale *relative*. La richesse minérale *absolue* des pays de Hanovre et de Brunswick, c'est-à-dire, la valeur annuelle des produits de leurs mines et usines, est de six millions de francs; elle existe entièrement au sein des montagnes du Hartz, qui sans elle seroient inhabitées, et là sur une étendue de treize myriamètres carrés, elle fait vivre cinquante mille habitans — La richesse absolue de la Saxe, qui est de sept millions quatre cent vingt mille francs, se trouve presque entièrement concentrée dans les montagnes métallifères, dites *Erzgebirge*, dont l'étendue est de cinquante-neuf myriamètres carrés, et là elle fait vivre trois cent soixante et deux mille habitans. — En Prusse, la richesse minérale

absolue de la Silésie seule, s'élève à peu près à neuf millions de francs, sur un territoire de trois cent quatre-vingt-six myriamètres carrés, où l'on compte neuf cent soixante-seize mille neuf cent trente-quatre habitans. Ainsi, dit M. Héron de Villefosse : « Quoique le Hartz, » le Erzgebirge, et la Silésie, ne diffèrent » quant à leur richesse minérale absolue, que » comme les nombres 6, 7, et 9, ces trois » pays présentent une différence très-considérable de richesse minérale *relative*; car, il » est évident, qu'à un même espace, et à un » même nombre d'habitans, correspond, au » Hartz et dans le Erzgebirge, un produit » annuel du règne minéral beaucoup plus considérable qu'en Silésie, et que toutes les conséquences qui en résultent pour la prospérité » publique, suivent la même proportion ». C'est d'après cette manière d'envisager les mines et usines, que l'auteur a dressé le tableau de la richesse minérale *absolue* et *relative* des principaux Etats de l'Europe et de l'Amérique. Si les statisticiens qui ont traité partiellement des mines de quelques contrées, ont souvent présenté des idées vagues sur cette partie intéressante de la richesse publique, cela vient de ce que n'ayant aucun égard à l'étendue du territoire et à sa population, et n'établissant point, comme M. Héron de Villefosse, une différence, qui est très-essentielle entre l'industrie génératrice relative aux mines et usines proprement dites, et l'industrie manufacturière qui façonne les produits obtenus, ils ont négligé des circonstances qui devaient modifier leurs résultats,

tats, qui seules pouvaient les rendre précis et susceptibles de comparaison, en un mot, vraiment utiles. M. Héron de Villefosse, au contraire, en combinant à l'aide du calcul les résultats d'observations relatives aux mines, avec les résultats connus d'étendue et de population de chaque pays, nous présente des rapports numériques de richesse minérale absolue et de richesse minérale relative pour l'Espagne, tant en Europe qu'en Amérique; pour le Portugal, les États-Unis d'Amérique, la Grande-Bretagne, la Russie, la Suède, les États Danois, la Monarchie Autrichienne, les royaumes de Saxe, de Bavière, de Prusse, de Westphalie; pour l'Empire français, et pour le grand-duché de Berg. Le tableau statistique de la richesse minérale des principales puissances chez lesquelles fleurit l'exploitation des mines, tel qu'on le trouve page 240 de l'ouvrage, indique les lieux où sont situées les mines et les usines les plus célèbres; la nature et la quantité de matières premières (1) que l'on obtient annuellement.

Ce tableau, où le lecteur voit d'un coup d'œil quelle quantité d'or, d'argent, de mercure,

---

(1) M. Héron de Villefosse nomme dans le cours de son ouvrage, *matières premières*, les objets que l'industrie génératrice des mines et usines fournit à l'industrie manufacturière. Les métaux parvenus à l'état de pureté qui leur donne leur nom dans le commerce, sont des *matières premières*, parce qu'ils reçoivent toutes sortes de formes dans les manufactures, et que suivant le Dictionnaire de l'Académie française, *tout ce qui est susceptible de prendre des formes ultérieures est réputé matière première.*

de plomb, de cuivre, d'étain, de fer, de cobalt, de zinc, de houille, de soufre, de vitriol, d'alun, tel ou tel Etat de l'ancien et du nouveau continent obtient annuellement des mines exploitées sur son territoire, est suivi de recherches très-curieuses sur les mines et usines. L'auteur nomme les différentes sources où il a puisé tous les renseignemens qui ont servi de base à ses tableaux : ce sont tantôt des pièces officielles qui lui ont été communiquées, tantôt des rapports manuscrits de voyageurs éclairés, ou des ouvrages en langues étrangères, récemment publiés par des hommes d'un mérite supérieur et généralement reconnu ; c'est dans l'ouvrage même qu'il faudra désormais chercher ces précieux renseignemens, car ils ne sont pas susceptibles d'être analysés, étant eux-mêmes le fruit d'une analyse qui n'a rien admis de superflu. Ainsi, bornons-nous à indiquer, d'après les détails qui se trouvent dans l'ouvrage de M. Héron de Villefosse, que dans l'ensemble des pays énoncés ci-dessus, l'exploitation des mines et usines procure annuellement, d'après le terme moyen d'un grand nombre d'années :

|                                                   |                                      |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Or. . . . .                                       | 76,763 <sup>marcs.</sup>             |
| Argent. . . . .                                   | 3,784,029                            |
| Mercure. . . . .                                  | 39,660 <sup>quint. de 100 liv.</sup> |
| Plomb. . . . .                                    | 480,972                              |
| Cuivre. . . . .                                   | 382,186                              |
| Etain. . . . .                                    | 64,500                               |
| Fer en barres et fonte moulée. . . . .            | 15,180,543                           |
| Cobalt ; oxyde de cobalt (safran, smalt). . . . . | 39,584                               |

|                                                         |                             |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------|
| (Oxyde de zinc) ou calamine. . . . .                    | 77,531 <sup>quintaux.</sup> |
| Houille et bois fossile. . . . .                        | 261,716,000                 |
| Soufre. . . . .                                         | 16,444                      |
| Vitriol ; sulfate de fer, de cuivre ou de zinc. . . . . | 37,944                      |
| Alun. . . . .                                           | 139,097                     |

Dans ces nombres ne sont pas compris les produits très-importans du grand-duché de Berg, que l'auteur présente séparément page 442 ; non plus que les produits minéraux de l'Italie considérés à part, pag. 225 et pag. 423 ; non plus que ceux des Etats voisins des rives du Rhin, tels que Bade, Wirtemberg, Hesse-d'Armstadt et Nassau Usingen, qui sont l'objet d'un exposé particulier, pag. 226 et suivantes.

D'après les prix moyens que l'auteur énonce, comme base de ses laborieux calculs, la valeur des marchandises rapportées ci-dessus, comme le fruit de l'industrie génératrice des mines et usines, est annuellement une somme de 962,350,000 francs en produits bruts auxquels l'industrie manufacturière donne ensuite un prix infiniment plus considérable, ainsi que l'auteur le fait voir en plusieurs endroits par des faits authentiques. Remarquons encore avec lui, pag. 271, que « la valeur des produits annuels de toutes les mines d'or et d'argent du monde entier, est tout au plus le quart de celle que composent les autres matières premières extraites annuellement du sein de la terre, sans compter parmi celles-ci les pierres et les terres employées par les différents arts, et sans compter le sel que nous

» avons considéré séparément ». Notez que seulement pour l'Empire français, la valeur des substances minérales non comprises dans les tableaux de M. Héron de Villefosse (telles que les demi-métaux et les marbres, l'argile, le sable et la chaux), est estimée annuellement trente millions de francs.

Certes, de tels résultats, et plusieurs autres du même genre présentés par M. Héron de Villefosse, sont bien propres à fixer les idées sur l'importance relative des différens objets d'exploitation, et à réfuter les erreurs de ceux qui ne voyent de mines précieuses que celles d'or et d'argent. A son tableau synoptique du monde souterrain est annexé, pour chaque Etat, un exposé particulier de ce qui concerne ses mines et usines; chacun de ces exposés est accompagné de réflexions judicieuses que suggèrent à l'auteur les localités et les circonstances propres à chaque pays. Déjà nous avons dit comment le Hartz, comparé avec d'autres établissemens du royaume de Westphalie, a donné lieu de développer l'influence d'une bonne administration. En comparant les mines de l'Amérique avec celles du royaume de Saxe, ces dernières avec celles du Hartz, l'auteur fait voir que les procédés techniques applicables dans un endroit, ne le sont pas toujours dans un autre. L'exposé des productions minérales de l'Empire français et de la Grande-Bretagne, fournit l'occasion de prouver que les mines de houille et de fer contribuent plus à la prospérité d'un Etat, que les mines d'or et d'argent, quoique celles-ci soient re-

gardées comme le pactole fabuleux. Les mines de la Russie servent d'exemples pour établir une différence importante entre les mines d'un même genre, d'après la situation géographique et politique des pays qui les possèdent. La Suède, les Etats Danois, la Bavière, la Monarchie Autrichienne, les Etats-Unis de l'Amérique, le Portugal, et la France amènent tour à tour, et naturellement, des développemens essentiels, des rapprochemens intéressans; enfin, une foule de réflexions à l'aide desquelles l'auteur combat les fausses idées à mesure que les localités lui offrent pour ainsi dire un champ clos, et partout où des faits authentiques lui fournissent des armes. C'est assez dire qu'il les combat pour y substituer victorieusement des idées exactes et propres à porter la conviction dans les esprits les plus prévenus.

L'administration politique des mines et usines forme le sujet de la quatrième partie; c'était un des articles les plus importans que M. Héron de Villefosse eût à traiter, pour atteindre le but d'utilité qu'il s'est proposé en se livrant au travail dont il publie les résultats. Il ne suffisait pas de faire connaître la richesse minérale de chaque pays pour faire apprécier l'influence qu'elle peut y exercer sur la prospérité publique; il fallait de plus, examiner sur quel principe doit reposer l'administration des mines et usines; il fallait faire sentir que cette branche d'industrie diffère essentiellement de toutes les autres, et qu'elle périt bientôt, si elle n'est assurée par des lois sages fidèlement exécutées. Or, il n'est point d'objet sur lequel

Quatrième  
partie.

on rencontre communément plus d'opinions erronées que sur les mines, et M. Héron de Villefosse, après avoir expliqué comment des hommes très-habiles dans certaines parties de l'économie politique avec lesquelles ils ont eu le tems de se familiariser, et qu'ils ont été à portée d'étudier à fond, ont pu prendre le change, trompés par de fausses analogies sur les mines qu'ils ne connaissaient pas, et qu'ils n'ont pu observer que très-superficiellement, entreprend de dissiper les nuages qui ont obscurci la vérité sur cette matière, au point d'en dérober la vue même à des esprits faits pour l'apprécier. Il s'agissait ici de combattre des erreurs qui se parent des noms des Smith et des Turgot, et pour cela, il ne fallait pas moins qu'une grande instruction, une logique serrée, et des exemples frappans. Telles sont les armes avec lesquelles M. Héron de Villefosse combat ses illustres adversaires. Des idées nettes, présentées avec une extrême clarté, un ton toujours décent, une modération digne d'être remarquée, l'amour de la vérité et du bien public, voilà ce qui caractérise la dissertation sur la législation des mines, par laquelle se termine l'ouvrage qui nous occupe. Des questions de la plus haute importance, sous le point de vue de l'économie politique, y sont développées et approfondies avec un art qui fait honneur à l'auteur. Comment doit-on considérer les mines d'après la nature des choses? A qui peuvent-elles et doivent-elles appartenir comme propriété? A qui peut et doit appartenir le droit de les exploiter? Comment ont-elles été consi-

dérées sous le point de vue de l'économie politique, par les différens peuples tant anciens que modernes? Pour résoudre ces questions avec ordre, l'auteur, commençant par écarter les analogies trompeuses, examine d'abord ce que les mines ne sont pas. On a souvent assimilé les mines à des trésors trouvés, à des biens-fonds, à des carrières, à des manufactures. Mais les mines ne sont rien de tout cela: « C'est » un genre de bien purement conditionnel, qui » ne peut exister, comme bien, qu'autant » qu'on l'utilise dans son ensemble et d'après » des principes d'administration déduits de sa » nature particulière. C'est un moyen de tra- » vail, et par conséquent, de prospérité publi- » que; c'est une source délicate d'objets de » première nécessité, qu'il est essentiel, pour » chaque Etat, de mettre à l'abri de la cupidité » et de l'inexpérience des spéculateurs ordi- » naires, parce qu'une spéculation de ce genre » veut des connaissances particulières, une » économie et un désintéressement de long » cours, enfin une prévoyance et une persévé- » rance qui excèdent la durée de la vie humaine. » C'est une propriété qui doit se transmettre » d'un siècle à l'autre, et que la société entière » risquerait de perdre bientôt, si quelques-uns » de ses membres pouvaient en disposer à leur » gré ». Vient ensuite la question, à *qui peut et doit appartenir la propriété des mines*. L'auteur fait observer d'abord qu'il n'existe aucune relation entre les divisions de la surface et la disposition des substances minérales dans le sein de la terre. En effet, les gîtes de miné-

raux, disposés généralement, soit en filons, soit en couches, soit en alluvions, présentent des solides dont la forme et la situation ne correspondent nullement à celle des terrains superficiels au sein desquels on les trouve. Ce n'est, cependant, que d'après la disposition naturelle des minéraux, que peut avoir lieu une exploitation régulière, conduite avec ensemble, durable, *complète*; c'est-à-dire, une exploitation vraiment utile à l'Etat et aux particuliers. Concluons donc, avec l'auteur, qu'une mine ne peut être l'accessoire de la propriété du dessus, qui, pour être mise à profit, a été divisée d'après des considérations toutes différentes de celles qui doivent diriger la jouissance utile de la propriété souterraine. On sait d'ailleurs que souvent l'exploitation d'un gîte de minéraux doit être ouverte sur un terrain autre que celui où le minerai se montre au jour. On sait, que presque toujours les dépenses inséparables des commencemens d'une exploitation utile, excèdent les moyens de fortune des propriétaires de la surface : or nul particulier ne peut être censé propriétaire d'un fonds dont la jouissance lui est impossible; nul n'a le droit de s'opposer à l'intérêt général; donc l'exploitation des mines, comme plusieurs autres objets d'utilité générale, comme le dessèchement des marais, les défrichemens des montagnes, le percement des routes et des canaux, doit être à la disposition du Souverain. De ces considérations, et d'autres, qui sont également puissantes, M. Héron de Villefosse déduit les principes de la législation des mines,

tels qu'ils sont admis dans les pays où elles sont administrées de la manière la plus avantageuse à l'Etat et aux particuliers. Les bases de cette législation sont le droit *régalien* (Bergregal), et la liberté des mines (Bergfreyheit.)

L'objet du droit *régalien* est que l'exploitation des mines soit encouragée, régularisée et réglée par le Gouvernement.

Droit régalien.

L'objet de la *liberté des mines* est que chacun puisse (sous l'autorité du Gouvernement) prendre part à la propriété souterraine, soit sur sa propriété, soit sur celle d'autrui, toujours en se conformant à des lois précises et conservatrices de la richesse minérale, et de la richesse agricole.

Liberté des mines.

Smith et Turgot ont soutenu des principes contraires : M. Héron de Villefosse réfute le premier en le combattant avec ses propres armes; il indique la cause des erreurs que cet illustre écrivain a soutenues : c'est qu'il a voulu appliquer aux mines des principes généraux qui ne conviennent qu'aux propriétés ordinaires. M. Héron de Villefosse fait voir très-clairement que l'intérêt individuel est en opposition avec l'intérêt général dans une mine livrée au caprice des propriétaires du terrain ou des concessionnaires. C'est ce qu'on a vu trop souvent dans certaines mines exploitées en France, où la propriété du dessus a été criblée de trous et perdue pour l'agriculture, tandis que, faute d'ensemble dans l'exploitation, la propriété du dessous est devenue inaccessible, et a été véritablement anéantie pour la société.

Quant à l'opinion de M. Turgot, qui regardait les concessions exclusives comme des monopoles, ce reproche pouvait être fondé pour des concessions immenses faites à des particuliers ou à des compagnies, sur toutes les mines d'une province. C'était un abus sans doute; mais ce n'est pas ainsi que s'applique le droit régalien dans le grand nombre de pays célèbres par leurs mines, dont M. Héron de Villefosse expose et compare la législation relativement à cet objet important. L'auteur est donc fondé à regarder, comme le *rêve d'un homme de bien*, le système du célèbre économiste qui voulait que les mines fussent exploitées pour le plus grand avantage de l'Etat, mais sans concession, *sans règlement*, et pourtant sans abus. Il oppose victorieusement à cette théorie trois principes déduits de la nature des mines et de la pratique de l'art. Le premier est fondé sur la nécessité de faire des avances considérables et de courir de gros risques pour mettre une mine en valeur, d'où résulte la nécessité d'assurer à un seul entrepreneur ou à une compagnie le droit exclusif de faire travailler les gîtes de minerais exploitables qui se trouvent dans une certaine étendue de terrain. Le second principe est fondé sur la nécessité d'obliger le propriétaire de la superficie, à consentir, moyennant un dédommagement tel qu'il demeure entièrement indemnisé, aux ouvertures nécessaires pour l'exploitation. Le troisième porte sur le danger des petites exploitations irrégulières. La doctrine de Smith et celle de Turgot, sur les mines; ont contre elles

l'opinion du célèbre Putter, qui est conforme à celle de beaucoup d'autres célèbres jurisconsultes, et de tous les hommes qui se sont fait un nom dans l'art des mines. Ainsi le raisonnement, l'expérience et l'autorité, sont pour M. Héron de Villefosse, lorsqu'il établit en principes.

1°. « Que le droit de disposer de la propriété » souterraine doit être distingué du droit de » disposer de la propriété agricole.

2°. » Que les mines doivent être exploitées » par des concessions faites au nom du Gouvernemen- » tement, et que ces concessions doivent » être limitées, quant à l'espace, mais point » quant à la durée.

3°. » Qu'il est nécessaire que la loi donne ir- » révocablement au Souverain le droit régalien » des mines, non pour l'intérêt de son trésor, » mais pour l'intérêt public.

4°. » Qu'il sera le plus souvent avantageux à » l'Etat, que le Souverain applique son droit » régalien par le moyen de la *liberté des mines*, » telle qu'elle est définie dès l'introduction.

5°. » Enfin, que si la loi ne prononce pas le » mot de *propriété publique* ou de droit régalien » des mines, qui est le gage le plus sûr de leur » conservation, il sera bientôt indispensable » pour la prospérité des exploitations, que par » le fait, le Souverain exerce ce droit salutaire, » sous quelque dénomination qu'il puisse être » présenté; car, *telle est la force de la nature » des choses.* »

Nous regrettons de ne pouvoir suivre l'auteur dans les savantes recherches auxquelles il se livre, lorsqu'il examine jusqu'à quel point les principes qu'il vient d'établir ont été connus et appliqués chez différens peuples. La notice historique de l'administration des mines chez les nations anciennes et modernes, aux différentes époques de leur histoire, suffirait pour faire distinguer M. Héron de Villefosse comme un écrivain aussi profond qu'élegant. C'est une justice qui a déjà été rendue à son ouvrage par plusieurs auteurs d'un mérite reconnu tant en France qu'en Allemagne, où les papiers publics en ont annoncé la traduction.

Le plan qu'a suivi M. Héron de Villefosse est vaste; il embrasse tout son sujet; il le considère sous tous les rapports de l'art, de l'utilité publique et de l'avantage des particuliers. L'ordre qu'il a adopté est naturel, clair et simple; sa marche est facile à suivre, son style toujours pur; dans plusieurs endroits, il repose et distrait son lecteur par des peintures de mœurs très-piquantes, ou par des descriptions agréables et variées. Comme les lieux souterrains qu'il parcourt sont peu connus, son ouvrage, plein d'ailleurs d'instructions utiles, de vues nouvelles et profondes, a bien souvent tout l'intérêt d'un voyage. — Il ne nous reste qu'à former des vœux pour que le second volume de cet ouvrage, ayant pour objet la division technique, paraisse bientôt accompagné du Porte-feuille de l'*art des mines et usines*, que l'auteur nous promet. A juger de cet immense travail, par ce qui est déjà connu de l'Adminis-

tration

tration des mines de l'Empire, ce sera un recueil précieux de faits propres à constater l'état actuel de l'art des mines, à répandre les lumières dont les sciences l'ont environné de nos jours, et par conséquent, un recueil capable d'assurer les progrès de nos exploitations françaises. Les mines les plus célèbres s'y trouveront représentées géométriquement, et avec toutes les circonstances relatives au gisement et à l'exploitation en grand des diverses substances minérales. Les diverses machines et les divers fourneaux seront réunis dans ce beau recueil, dont l'exécution est assez avancée pour que nous puissions espérer de nous en voir en possession dans le courant de cette année. Jamais plan aussi vaste n'a été l'objet des travaux d'aucun de ces estimables écrivains que l'art des mines honore comme ses premiers bienfaiteurs. Le savant Ferber avait cependant espéré qu'il se trouverait un jour un homme digne de cette tâche importante, et c'était dans cette vue qu'il recueillait des faits précieux pour ce trésor futur des études souterraines (*Schatzkammer der bergmaennischen Wissenschaften*), ainsi qu'il nous l'apprend dans le discours préliminaire de son Opuscule sur les Mines de mercure d'Ydria, (voyez *Ferber's Beschreibung des Quecksilber-Bergwerks zu Ydria*). Félicitons-nous, qu'il ait été réservé à un officier des Mines de l'Empire français, d'entreprendre un tel travail dont les victoires de S. M. l'Empereur Napoléon pouvaient seules faciliter l'exécution, ainsi que nous l'avons exposé au commencement de cette notice. Espérons que le second volume et le Porte-feuille de l'ouvrage

Volume 29.

C

de M. Héron de Villefosse, répondront aux vœux du savant Ferber. C'est espérer que la continuation de l'important ouvrage de M. Héron de Villefosse, sera digne de figurer à côté du premier volume dont nous venons de rendre compte.

---



---

## M É M O I R E

*Sur un Produit métallurgique qui se forme dans quelques hauts fourneaux ;*

Par M. BOUESNEL, Ingénieur au Corps impérial des Mines.

DANS les établissemens où l'on s'occupe de la fabrication du zinc et de celle du laiton, on se sert de calamine ou oxyde de zinc silicé ; mais la meilleure calamine ne contient, d'après les analyses publiées, que 0,68 d'oxyde de zinc.

Je vais faire connaître un produit des hauts fourneaux du département de Sambre et Meuse, plus riche en oxyde de zinc que les calamines, et qui peut être employé, avec avantage, aux mêmes usages.

Ce produit se forme à 2 m. plus bas que le gueulard, et immédiatement au-dessous de la première charge. Il y est en forme d'anneau, dont la hauteur est de 0<sup>m</sup>,45 environ, et le profil, ou coupe verticale, un triangle curviligne. La base du triangle est couchée contre les parois du fourneau, et le sommet, qui correspond à la plus grande épaisseur de la matière, est très-rapproché de la partie inférieure de l'anneau, au point même que quelquefois le triangle est presque rectangle.

L'anneau est composé de couches principales qui se détachent facilement les unes des autres, à cause d'un enduit noir de poussière de charbon qui les sépare ; mais la matière de chaque couche est elle-même disposée par zones con-

centriques, dont les jonctions de couleur noire, dues à la même cause que les séparations des couches principales, tranchent sur le fond de la masse qui est colorée en gris foiblement jaunâtre. La matière dont il s'agit a un aspect métalloïde, et présente tous les caractères de la fusion. Elle est dure et très-lourde : j'en ai pris la pesanteur spécifique qui s'est trouvée être de 5,25. La couleur de la poussière m'a paru un peu plus claire que celle du fond de la masse ; elle se rapprochait davantage du jaune.

Le nombre de couches principales dont l'anneau est formé, et par conséquent sa largeur, dépend du tems qu'on le laisse dans le fourneau sans l'abattre. Dans quelques hauts fourneaux, on l'abat tous les deux mois, et dans d'autres, seulement au bout de quatre mois. Il y a deux inconvéniens à attendre trop long-tems. En effet la largeur de l'anneau étant augmentée, d'une part, l'espace laissé à la charge pour descendre, et par lequel le vent s'élève, va en se rétrécissant de plus en plus, de manière que la fonte languit, et que le fourneau finirait par se boucher entièrement. D'une autre part, les couches de l'anneau qui avancent le plus dans l'intérieur se détachent quelquefois ; elles continuent leur marche dans le fourneau, en dégageant une fumée abondante, et une partie de cette matière parvient jusqu'au creuset où la fonte est en fusion. Dans un haut fourneau qui ne travaille qu'en moulerie, on a remarqué qu'alors la fonte était beaucoup plus cassante ; c'est pourquoi on ne reste jamais, à ce fourneau, plus de deux mois sans abattre l'anneau. Il y a une largeur de 0<sup>m</sup>,1 environ.

Voici les moyens dont on se sert pour abattre ce produit : on laisse descendre la charge jusqu'à 0<sup>m</sup>,30 plus bas que la partie inférieure de l'anneau : on arrête le vent, et on jette dans le fourneau de la poussière de charbon que l'on arrose avec de l'eau ; après quoi on frappe la matière à coups de ringards, et on la retire avec de mauvaises pelles.

Une chose digne d'attention, c'est qu'il n'y a pas de fourneaux dans ce pays, où en démolissant les creusets, on ne trouve du plomb en plus ou moins grande abondance. Dans le haut fourneau de moulerie que je viens de citer, l'on m'a dit qu'en puisant avec la cuiller pour prendre la matière à couler, au moment où le creuset approchait d'être vidé, on trouvait souvent du plomb en fusion au fond de la cuiller. On en avait une certaine quantité obtenue de cette manière que l'on se proposait de couler en saumons. On n'aime point à ce fourneau la présence du plomb, parce que la fonte est alors plus aigre ; on a même discontinué de faire usage de certains minerais de fer qui étaient trop plombifères. Le plomb que l'on recueille est également plus sec que le plomb ordinaire.

Tous les hauts fourneaux du département de Sambre et Meuse ont 6<sup>m</sup>,1 de hauteur. Leur coupe horizontale est un rectangle dont les angles sont effacés, et qui se rapproche beaucoup de la figure elliptique. La charge se compose en premier lieu du combustible, ensuite du minerai, et enfin du fondant ou castine. Ce minerai est de deux espèces essentiellement différentes ; l'une donnant du fer tendre ou

cassant à froid, et l'autre du fer fort ou nerveux. Les deux espèces se fondent séparément; on distingue, pour chacune d'elles, plusieurs qualités que l'on mélange ensemble. C'est la mine de fer fort qui produit la matière qu'on retire dans le haut du fourneau, ainsi que le plomb qu'on trouve dans le creuset même, ou par-dessous, lorsqu'il s'est infiltré par ses jointures. Cette espèce est du genre des hydrates de fer que M. Berthier vient de faire connaître; du moins ses caractères extérieurs sont à peu de chose près les mêmes, et je me suis aperçu il y a long-tems, que les parties riches de ces minerais, fondues sans addition dans un creuset brasqué, donnaient fort peu de scories, et laissaient un déficit assez constant, lorsqu'on avait converti, par le calcul, la fonte obtenue en oxyde au *maximum*. On trouve ces hydrates dans des fentes verticales, dirigées assez régulièrement à angle droit des bancs du terrain de calcaire compact qui alterne avec le terrain de houille schisteuse dans toute l'étendue de ce département; et ce qui est très-remarquable, c'est que dans les mêmes fentes se trouvent en dessous les mines de sulfure de plomb. Il n'y a pas de gîtes de cette espèce de minerai de fer nommée ici *mine jaune*, où l'on ne rencontre ainsi, à une moyenne profondeur, quelques veines, ou tout au moins quelques nids de sulfure de plomb. Mais indépendamment de ce sulfure qui est apparent, et dans les gîtes particuliers duquel on observe quelquefois du plomb carbonaté et du sulfure de zinc, et souvent du fer sulfuré qui est encore placé plus bas, il paraît que, dans les géodes à couches concen-

triques dont le minerai jaune de fer se compose, principalement dans les zones terreuses, il y a des parties de plomb oxydé et de calamine.

Je me propose de décrire plus en détails, dans un mémoire particulier, le gisement du minerai de fer jaune, ainsi que celui de l'autre espèce qui est en couches, et ne consiste, à proprement parler, qu'en un schiste argileux imprégné de fer oxydé grenu rouge ou violacé, cette description pouvant présenter de l'intérêt sous le rapport géologique.

J'ai pris 5 grammes du produit de haut fourneau, et je les ai dissous dans l'acide nitrique pur; la dissolution s'est presque opérée à froid; mais j'ai fait chauffer sur la fin de l'opération. Je n'ai point vu se dégager de gaz nitreux. Après avoir décanté et lavé, à plusieurs reprises, le résidu qui était noir et très-léger, je l'ai fait sécher fortement; il pesait alors 0<sup>gr</sup>,075. En le chauffant à blanc, la couleur noire a disparu, et il est demeuré une poussière légèrement colorée en rose pesant 0,025. Ainsi il y avait 0,05 de charbon. J'ai fondu la poussière rose avec un peu de potasse, et j'ai reconnu qu'elle était composée principalement de silice, d'un peu d'alumine colorée par le fer, et de quelques atomes de chaux, sans oxyde de manganèse.

J'ai versé dans la dissolution nitrique de l'acide sulfurique pur, et j'ai eu un dépôt de sulfate de plomb pesant 0,40, ce qui répond à 0,30 d'oxyde de plomb.

J'ai ensuite tout précipité par le carbonate de soude, et j'ai fait bouillir pour faciliter la précipitation. Le dépôt volumineux légèrement

rosacé a été rassemblé sur un filtre et lavé ; il pesait, après avoir été fortement calciné, 4<sup>gr</sup>,65.

J'ai redissous ce dépôt dans l'acide muriatique, mêlé d'un peu d'acide nitrique ; la dissolution a eu lieu sans effervescence sensible. J'ai ajouté à la liqueur acide de l'ammoniaque pure dont j'ai mis un grand excès ; le précipité qui s'est formé s'est presque entièrement redissout. Après avoir filtré la liqueur qui était sans couleur, et lavé d'abord avec de l'eau aiguisée d'ammoniaque, puis de l'eau pure, j'ai eu un dépôt rouge qui, calciné, pesait 0,15. J'ai traité ce dépôt par l'acide muriatique, et il est resté 0,025 d'une poudre blanche ou de silice qui déjà en partie avait refusé de se dissoudre lors de la reprise du premier dépôt, mais que je n'avais pas alors séparé à cause de sa petite quantité. J'ai ensuite retiré 0,08 d'oxyde rouge de fer et quelques atomes d'alumine ; le reste, qui devait être de 0,045, consistait principalement en chaux que l'ammoniaque avait précipitée à la faveur de l'oxyde de fer ; mais il y avait encore un peu d'oxyde de zinc qui avait échappé à cet alkali, malgré les précautions que j'avais prises lors du lavage de ce qui ne s'y était pas dissout. Je n'ai point trouvé d'oxyde de manganèse.

Pour doser exactement la chaux, j'ai traité 5 autres grammes du produit de haut fourneau par l'acide muriatique mélangé d'un peu d'acide nitrique. Après avoir étendu d'une suffisante quantité d'eau pour dissoudre les aiguilles de muriate de plomb qui se sont formées par le refroidissement, et ensuite filtré, j'ai précipité les métaux par l'hydrosulfure d'ammoniaque. J'ai filtré et fait concentrer la liqueur qui a passé

par le filtre au moyen de l'évaporation, ce qui a dégagé en même tems l'excès d'hydrogène sulfuré ; puis j'ai versé de l'oxalate d'ammoniaque qui m'a fourni un précipité blanc que j'ai calciné fortement. J'ai eu ainsi 0,04 de chaux parfaitement caustique. La potasse m'a ensuite donné quelques flocons blancs qui étaient probablement de la magnésie.

En retranchant des 4,65 du dépôt volumineux légèrement rosé, 0,025 de silice, 0,08 d'oxyde rouge de fer, et 0,04 de chaux, il reste 4,505 qui sont de l'oxyde de zinc.

Ainsi le produit de haut fourneau est composé comme il suit :

|                                                                                                                |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Oxyde de zinc. . . . .                                                                                         | 90,1  |
| Oxyde de plomb. . . . .                                                                                        | 6     |
| Oxyde rouge de fer. . . . .                                                                                    | 1,6   |
| Chaux. . . . .                                                                                                 | 0,8   |
| Silice. . . . .                                                                                                | 0,5   |
| Charbon. . . . .                                                                                               | 1     |
| Résidu insoluble, composé principalement de silice, d'un peu d'alumine, de fer et d'un atome de chaux. . . . . | 0,5   |
| Trace de magnésie.                                                                                             |       |
|                                                                                                                | <hr/> |
|                                                                                                                | 100,5 |

Le charbon n'y est qu'accidentel ; il forme, ainsi que nous l'avons dit, les séparations des différentes zones dont la matière est composée.

Une fois prévenu par l'analyse que le produit de haut fourneau était presque entièrement composé d'oxyde de zinc, j'ai recherché, par la voie sèche, de quelle utilité il pourroit être en grand.

J'ai introduit un mélange de 10<sup>gr.</sup> de ce produit, et de 5<sup>gr.</sup> de poussière de charbon dans un creuset que j'ai recouvert d'un autre, et j'ai lutté les jointures avec de l'argile; au fond du creuset placé dans la situation renversée, avait été percé un petit trou que j'ai bouché lorsque le creuset qui contenait la matière a commencé à rougir. Après avoir chauffé  $\frac{3}{4}$  d'heure à un fourneau ordinaire de laboratoire, j'ai retiré l'assemblage des creusets d'où s'échappait une flamme légère de zinc en combustion par les fissures qui s'étaient formées dans le lut. En ôtant le creuset du dessus, j'ai vu sur sa surface intérieure quelques petits boutons de zinc. J'ai aperçu aussi dans l'autre creuset, à la surface du charbon et en travers, des filets métalliques d'un blanc argentin.

J'ai ensuite fait limer un barreau bien décapé de cuivre rouge, et j'ai mélangé ensemble 10<sup>gr.</sup> de cette limaille, 10<sup>gr.</sup> du produit de haut fourneau, et 5<sup>gr.</sup> de poussière de charbon. J'ai placé ce mélange dans un creuset recouvert d'un autre comme dans la première expérience, et j'ai chauffé également pendant  $\frac{3}{4}$  d'heure. Lorsque j'ai retiré la matière du feu, il sortait par les jointures une flamme de zinc très-abondante. La surface du charbon était recouverte d'une pellicule d'oxyde blanc floconneux; et dans son intérieur, on voyait une multitude de grains de toute grosseur de cuivre jaune. Le haut du creuset qui avait recouvert celui qui contenait le mélange était teint par une couche jaunâtre.

Jugeant que les grenailles ne s'étaient pas rassemblées, à cause de leur peu de volume

dans un bain non fluide, j'ai répété l'opération, comme on l'exécute dans les fonderies de cuivre jaune, c'est-à-dire qu'après avoir mélangé 10<sup>gr.</sup> du produit de haut fourneau, avec 5<sup>gr.</sup> de poussière de charbon, j'ai lardé la surface de petits morceaux de cuivre rouge dont la totalité pesait 10<sup>gr.</sup> Cette fois, j'ai obtenu un culot parfaitement formé de cuivre jaune, qui à la suite présentait une couleur plus rouge à sa surface supérieure. Ce culot pesait 13,10; ainsi le cuivre avait augmenté de 3,10, et le cuivre jaune renfermait 30 pour 100 de matière combinée. J'ai dissous dans l'acide nitrique une partie du culot pesant 5,575, et j'ai trouvé, en précipitant par l'acide sulfurique, 0,215 de sulfate de plomb, ce qui fait 0,50 pour les 13,10. Il était donc entré dans le culot 0,34 de plomb provenant de 0,37 d'oxyde de plomb que les 10<sup>gr.</sup> du produit de haut fourneau, riches de 0,60 de cet oxyde ont fourni; car je me suis assuré que le cuivre employé ne contenait pas un atome de plomb. Ayant ensuite précipité, par l'ammoniaque, la dissolution nitrique des 5,575 du culot, tout s'est redissout dans un excès de cet alkali.

J'ai fait dans un creuset brasqué, exposé au feu d'une forge d'essai, des expériences analogues aux précédentes.

1<sup>o</sup>. J'ai introduit dans la cavité du creuset, 10<sup>gr.</sup> du produit réduit en poussière, j'ai versé par-dessus de l'huile que j'ai laissée imbiber, et j'ai recouvert de poussière de charbon. Après avoir chauffé  $\frac{3}{4}$  d'heure, j'ai vu que la surface seulement avait été attaquée et s'était dissipée en produisant une flamme de zinc; le surplus

s'était agglutiné foiblement sans se réduire, et s'égrenait parfaitement sous les doigts.

2°. En répétant l'opération, avec cette différence que l'huile a été mise en pâte avec le produit réduit en poussière, et que le feu a duré une heure, tout s'est dissipé.

3°. J'ai mélangé 10<sup>gr.</sup> du produit avec 10<sup>gr.</sup> de limaille de cuivre rouge, j'ai versé par-dessus de l'huile que j'ai laissée imbiber, puis j'ai recouvert de poussière de charbon. Après 7 d'heure de feu, j'ai trouvé dans le creuset beaucoup de grenailles de cuivre légèrement jaune, disséminées dans une partie du produit qui était faiblement agglutinée, et qui seulement avait pris une couleur plus jaune. Il sortait du creuset, lorsqu'on l'a retiré, des torrens de flamme de zinc.

4°. La même expérience faite avec de petits morceaux de cuivre rouge dont on avait lardé la surface, a donné un culot de cuivre faiblement jaune pesant 11<sup>gr.</sup>, 55; par-dessous était une partie du produit légèrement agglutinée, et qui, comme précédemment, avait pris une couleur plus jaune.

5°. En faisant une pâte avec l'huile de 10<sup>gr.</sup> du produit mélangés avec 10<sup>gr.</sup> de limaille de cuivre rouge, puis chauffant très-fortement pendant une heure, il n'est resté qu'un culot de cuivre rouge pesant très-peu au-dessus de 10<sup>gr.</sup>, c'est-à-dire, de la limaille de cuivre employée, et au-dessus duquel étaient quelques globules de scories blanches bien vitrifiées.

Enfin, ayant exposé pendant très-long-tems 10<sup>gr.</sup> du produit sous la moufle d'un fourneau de coupelle, il a seulement passé à une cou-

leur plus claire sans s'agglutiner, si ce n'est faiblement au fond du lit où il était placé.

Tous les changemens de couleur que l'on a remarqués dans ce produit, me paraissent dus à la dissipation de sa partie charbonneuse qui a eu lieu par la réduction des oxydes dont il est composé, ou par la combustion. Quant à la flamme de zinc qui s'échappait abondamment à la fin des expériences où l'on a eu pour objet la production du cuivre jaune, elle est occasionnée par la décomposition de l'alliage déjà formé, donc le zinc se dissipe et se brûle. Le plomb lui-même s'oxyde et se volatilise, comme on le remarque par la teinte jaune de l'intérieur des creusets qui ont servi à recouvrir ceux qui contenaient les matières. Ainsi il y a un terme passé lequel il ne faut plus chauffer, et ce terme est celui où la fusion achève de s'opérer. Si on l'outrepasse, il se produit une espèce d'affinage au moyen duquel le cuivre va sans cesse en se débarrassant de la matière avec laquelle il s'était combiné, de manière qu'il finirait par retourner à l'état de cuivre rouge.

On voit donc qu'il est facile de retirer du zinc et de faire du laiton avec le produit supérieur de haut fourneau, et je ne pense pas que le plomb qui pourrait s'unir au zinc dans la distillation *per descensum* à laquelle on soumettrait ce produit pour obtenir le zinc à l'état métallique, ou qui se combinerait avec le zinc et le cuivre dans la transformation de ce dernier en cuivre jaune, nuisît à la qualité de ces substances. Du moins le culot de cuivre jaune que j'ai obtenu, et dans lequel une partie du plomb du produit avait passé, s'est laissé

couper avec facilité , et il était très-ductile. Les dernières expériences démontrent en particulier que le produit de haut fourneau ne se réduit complètement , comme l'oxyde de zinc , qu'à l'aide du contact parfait de toutes ses molécules avec le principe charbonneux , et que si on l'expose à la chaleur , sans l'environner de ce principe , sa fusion est très-difficile.

De là , si je ne me trompe , dérive l'explication de sa formation , des changemens qu'il subit dans le haut fourneau et des inconvéniens qu'il y occasionne.

En effet , l'aspect métalloïde de ce composé , ainsi que son homogénéité , jointe à sa densité et à la forte adhérence de ses parties , s'opposant à ce qu'on le regarde comme un sublimé , il paraît naturel d'en rapporter l'origine à une fusion qui commence à s'opérer immédiatement au-dessous de la première charge du fourneau , par l'action du feu sur les molécules convenables. La fusion de ces molécules étant ainsi déterminée goutte par goutte , les métaux contenus dans la partie qui descend au milieu du fourneau se réduisent par le contact du charbon. Le zinc est volatilisé probablement en totalité , avant de parvenir au creuset ; mais le plomb , en se revivifiant , arrive toujours en certaine quantité dans le bain de fonte dont , en vertu de sa plus grande pesanteur spécifique , il occupe la partie inférieure.

Au contraire , la portion du fluide qui se forme contre les parois du fourneau s'y attache sur une certaine hauteur , parce que ces parois sont plus froids que le centre du fourneau. Peut-être même ce qui s'attache de cette ma-

nière est-il différent du reste du fluide , et le résultat d'une précipitation des parties moins fusibles , analogue à celle qui a lieu dans les alliages de différens métaux entre eux. Quoi qu'il en soit , les mêmes effets se répétant continuellement , il doit en résulter un dépôt par couches concentriques , et plus épais aux approches de sa partie inférieure qui va sans cesse en s'accumulant , et que sa résistance à la fusibilité , ainsi que le défaut de contact suffisant avec le charbon , maintiennent dans cet état. Cependant les couches principales du dépôt ayant peu de liaison entre elles à cause de l'enduït charbonneux qui les sépare , et ne se soutenant en quelque sorte , qu'en faisant voûte les unes contre les autres , il arrive quelquefois , et surtout lorsque le poids augmente par la largeur du dépôt , que des couches se détachent , et alors leur masse descendant dans le fourneau avec le minerai de fer , la réduction s'en opère à mesure ; et quoique la plus grande partie du zinc se volatilise en fumée , néanmoins une quantité notable de la matière , et par conséquent du métal , parvient jusqu'au creuset où se combinant avec la fonte , il lui donne les mauvaises qualités dont on se plaint. Le plomb , également revivifié , va se placer sous la fonte ; car ce métal ne se combinant pas avec le fer , je crois que c'est au zinc qu'il faut attribuer l'aigreur apportée dans les fontes par les minerais trop plombifères. Il est d'ailleurs probable que c'est le zinc qui donne au plomb retiré du haut fourneau , la sécheresse qu'on lui a reconnue.

Voici quelques autres faits qui s'accordent

très-bien avec cette théorie. 1°. On a observé que tant que les parois du fourneau étaient bien unies, comme au commencement de la mise à feu, il ne s'y attachait point de matière dans le haut, parce que cette matière retombait à mesure qu'elle se formait; c'était seulement vers l'époque où des fentes s'ouvraient dans les parois, que la précipitation commençait à s'opérer, et qu'elle continuait d'avoir lieu dans l'intérieur, au moyen de l'appui qui s'offrait pour porter la matière, et par une espèce d'affinité entre les parties déjà précipitées et celles qui tendaient à s'attacher de nouveau; il en était ici comme des durillons qui se forment sur les parois des petits fourneaux; et dont l'abondance augmente dès que ces fourneaux ont commencé à s'en charger. 2°. On s'est aperçu, qu'après avoir abattu le produit supérieur du haut fourneau, les trois ou quatre coulées qui suivaient donnaient de la fonte cassante, et qui ne pouvait servir qu'à faire du fer. En effet, quelque soin que l'on prenne pour abattre la matière, il en demeure toujours, en sorte que les parties de ces résidus qui ont été ébranlées, retombent dans le fourneau. On en est averti par la fumée jaune qui sort alors par la dame. Dans un haut fourneau situé au village de Samson, on a une fois imaginé de jeter sur une des gueuses qui venait d'être coulée en cette circonstance, de la castine blanche réduite en poudre, et l'on a vu aussitôt cette castine se recouvrir d'une poussière jaune. Jugeant qu'il y avait action entre elle et la matière qui s'échappait, on l'a ôtée et remplacée par de nouvelle castine, et ainsi de suite, en recouvrant

recouvrant d'ailleurs la gueuse de charbon pour en entretenir la chaleur au rouge. Lorsqu'on a arrêté ces opérations pour soulever la gueuse, et former à la place qu'elle occupait le sillon qui devait recevoir la coulée suivante, on a remarqué que la gueuse était toute criblée de cavités. Sans doute c'est le zinc qui s'est volatilisé, et qui a donné lieu à ces cavités et à la poussière jaune dont la castine s'est recouverte. La chaleur que l'on a entretenue au rouge dans la gueuse, a occasionné cette espèce de grillage; mais je ne vois pas comment la chaux carbonatée a pu le favoriser; il me paraît plutôt que l'oxyde de zinc s'est produit dans cette opération, comme je l'ai vu se former à Chessy, sur la surface de la matte, dans les bassins de réception où on venait de la couler; le zinc s'envolait de cette matière, et le refroidissement le faisait retomber oxydé à l'état de poussière jaune.

Pour faire du laiton ou du zinc avec le produit de haut fourneau, il faudra le pulvériser et le tamiser. Vu la dureté de cette matière, la pulvérisation présente des difficultés; cependant il me semble qu'à l'aide d'un bocard à sec ayant un sol de fonte, on en viendra facilement à bout. La dépense de la pulvérisation et du tamisage est certainement quelque chose; mais si l'on fait attention qu'on est obligé de griller la calamine, de la moudre et de la bluter, on reconnaîtra bientôt que l'une des matières ne coûtera guère plus de préparation que l'autre. La plus grande richesse en oxyde de zinc du produit de haut fourneau fera qu'on en emploiera une moindre quantité pour ob-

tenir un poids donné de laiton ; ou bien en l'ajoutant aux calamines pauvres, on aura un mélange équivalent aux calamines plus riches. Je crois surtout qu'il serait très-avantageux de le traiter pour en obtenir le zinc, car l'on en retirerait plus de métal qu'avec la même quantité de calamine grillée, et le zinc serait plus aisément dégagé ; on en perdrait d'ailleurs moins en scories, puisque les matières terreuses y sont si peu abondantes.

Je ne suis pas le premier qui ait fait attention à ce produit des hauts fourneaux. Les maîtres de forge, pour engager leurs ouvriers à l'abattre, le leur abandonnent ; et ceux-ci le vendent ordinairement au prix de 6 fr. le quintal métrique, à des marchands forains, principalement des Juifs, qui le portent dans la partie allemande de la France. Je présume que l'emploi en est fait à Stollberg.

Je ne peux indiquer la quantité précise que l'on en retire, par an, d'un haut fourneau ; parce que cette quantité est trop variable. Cependant elle ne laisse pas d'être considérable. Un maître de forge, propriétaire d'un seul haut fourneau, m'a dit que ses ouvriers en avaient à vendre présentement 50 quintaux métriques.

Voyez, à la fin de ce Cahier, deux Notes qui nous ont été communiquées après l'impression du Mémoire de M. Bouesnel.

---



---

## N O T I C E

*Sur une Machine soufflante hydraulique de*  
M. BAADER.

M. BAADER (auteur du *Traité théorique et pratique* (1) sur les soufflets à piston) nous a envoyé les dessins d'une nouvelle machine soufflante qu'il a fait exécuter dans plusieurs fonderies du Haut-Palatinat, notamment dans celle de *Bodenwher*.

Cette machine consiste principalement en une caisse mobile qui est renversée sur un réservoir à eau, et qui comprime et expulse, lorsqu'elle descend, l'air qu'elle a aspiré en s'élevant.

Elle est, comme on le voit, de la même espèce que celle que Grignon a décrite dans son ouvrage sur les Forges ; mais elle offre quelques dispositions particulières et quelques perfectionnements, et nous nous empressons de la faire connaître à nos lecteurs. Les dessins envoyés par M. Baader étant très-détaillés, il nous suffira de les accompagner d'une courte explication.

---

(1) Voyez la traduction de ce *Traité*, par M. \*\*\*, dans les nos. 146 et 147, tom. 25 de ce Journal.

*Explication des figures de la planche I.*

*Fig. 1.* Elévation latérale de la machine.

*Fig. 2.* Vue de la machine du côté du fourneau.

*Fig. 3.* Plan général par la ligne *ab* des *fig. 1* et *2*.

*Fig. 4.* Coupe verticale des caisses soufflantes par la ligne *cd* de la *fig. 5*.

*Fig. 5.* Plan et coupe horizontale des deux caisses.

*Fig. 6.* Coupe verticale par la ligne *ef* de la *fig. 5*.

*Fig. 7.* Autre coupe verticale par la ligne *gh* de la *fig. 5*.

*Fig. 8.* Plan du réservoir.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans toutes les figures.

*AB.* Tige de la caisse mobile ou soufflante : elle est arrondie au tour dans une partie de sa longueur, afin qu'elle puisse traverser, sans donner issue à l'air, le tuyau rembourré *CD*.

*CD.* Tuyau de cuivre rouge rembourré, terminé par les deux plaques *C* et *D* en cuivre jaune.

*E.* Petite ouverture pratiquée au centre de la caisse mobile, pour verser de l'huile sur la surface de la tige *AB*, afin de faciliter son mouvement dans le tuyau rembourré *CD*.

*FF.* Caisses mobiles composées de plaques de fonte assemblées par des vis et des écrous. — Elles sont poussées de bas en haut par les tiges *AB* que soulèvent les chaînes des balanciers *QQ*, quand les contre-poids *PP* s'abaissent. — Elles descendent au contraire et compriment l'air, quand les roues excentriques relèvent les contre-poids.

*GG.* Réservoir à eau, ou caisse fixe, composé de madriers réunis par des boulons à vis.

Dans la fonderie de Bodenwher ce réservoir et le récipient *N* sont construits en plaques de fonte.

*HHH.* . . . Coulisses en fonte pour guider le mouvement vertical de la caisse mobile.

*JJ.* Clapets pour l'entrée de l'air extérieur. L'ouverture de ces clapets est assez grande pour qu'un homme puisse s'introduire sous la caisse mobile, quand elle est élevée, et réparer ou changer les clapets.

*KK.* Clapets pour la sortie de l'air comprimé.

*L.* Tuyau de l'air extérieur.

*M.* Tuyau de l'air comprimé.

*N.* Récipient ou régulateur.

*O.* Tuyau d'issue ou de conduite.

*PP.* Contre-poids placés sur les balanciers *QQ*. Ils sont tellement disposés, qu'ils excèdent un peu le poids des caisses mobiles, et que les balanciers *QQ* appuient constamment sur les cames ou roues excentriques *RR*.

*QQ.* Balanciers qui servent à soulever les tiges des caisses mobiles *FF*.

54 SUR UNE MACHINE SOUFFLANTE, etc.

*R.R.* Roues excentriques dont la courbe est tracée de manière que l'écoulement de l'air comprimé soit le plus uniforme qu'il est possible.

*SS.* Roulettes, ou contre-plaques en fonte, qui sont continuellement en contact avec les roues *R.R.*

*T.* Escalier.

*V.* Arbre de la roue hydraulique.

*W.* Arbre des roues excentriques.

*Y.* Roue hydraulique à chute supérieure ou inférieure, qui doit faire faire aux roues excentriques 8 à 10 tours par minute.

*Z.* Boîte de jonction ou manchon qui sert à réunir les deux arbres *V* et *W*.

Cette manière de réunir deux arbres placés dans le prolongement l'un de l'autre, permet d'employer des arbres plus courts, et qui sont moins sujets à plier ou à se tordre.

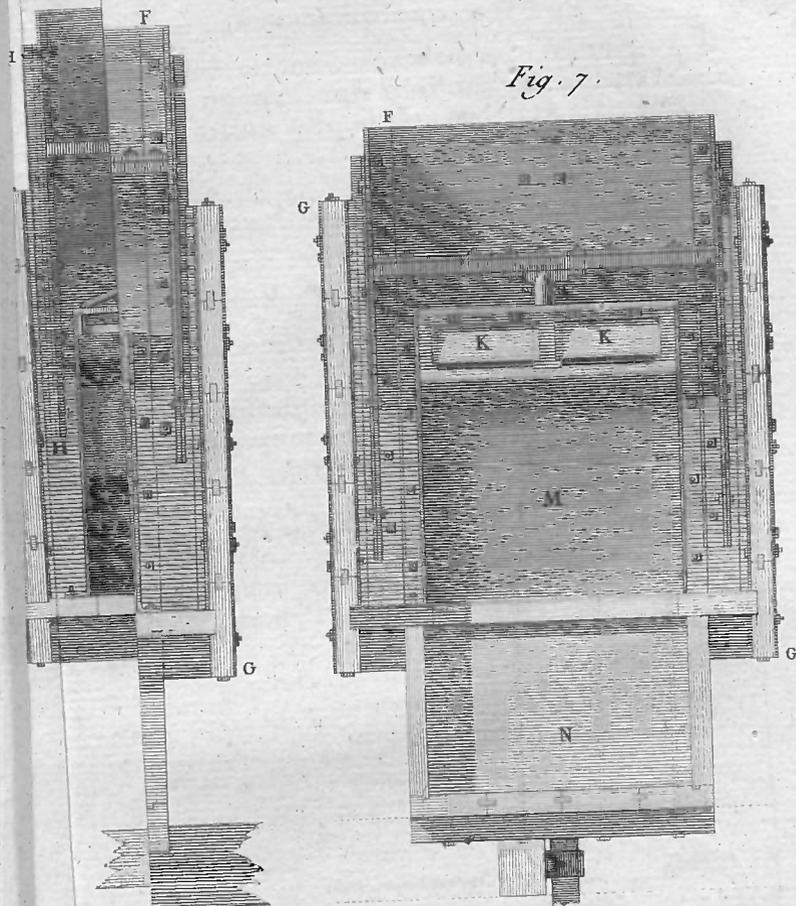


Fig. 7.

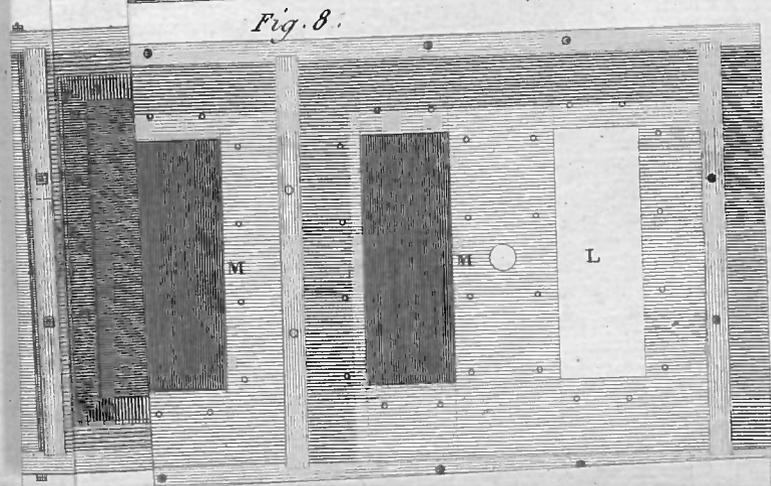
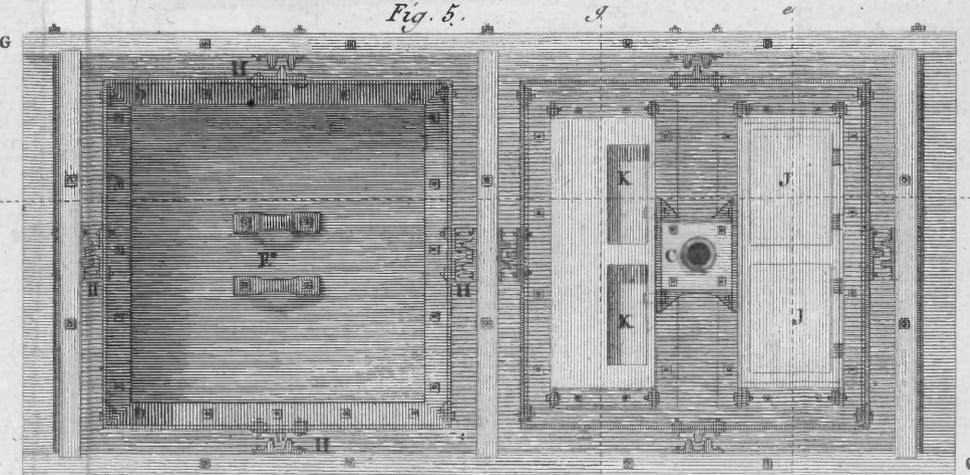
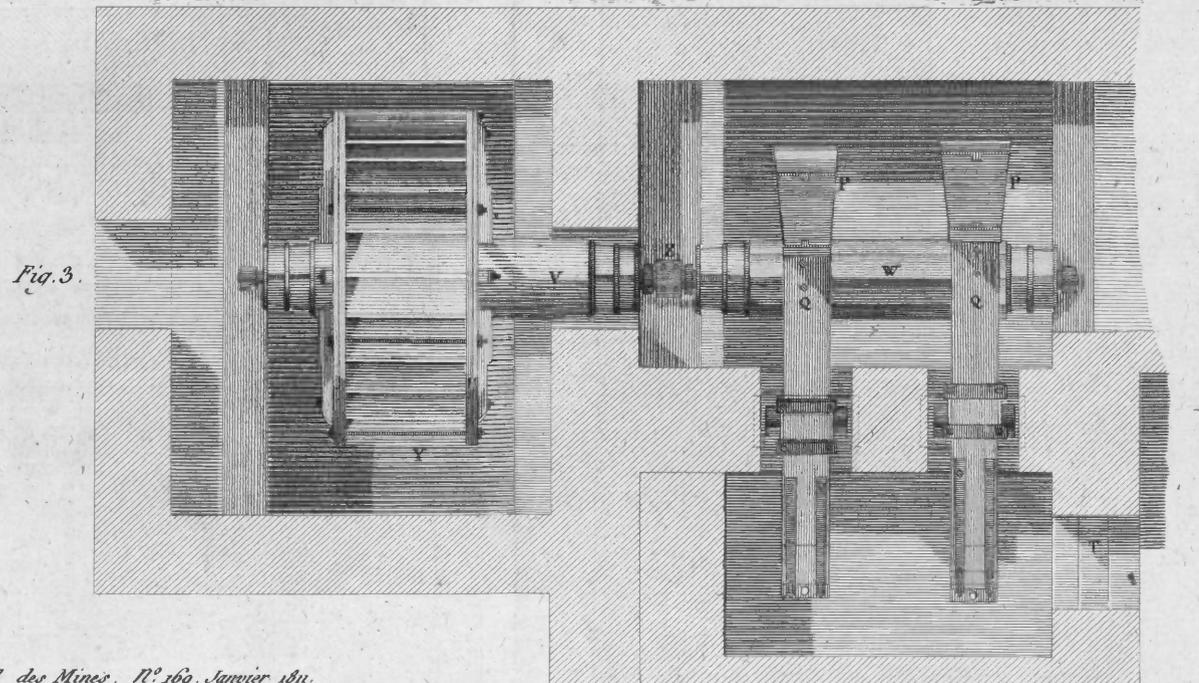
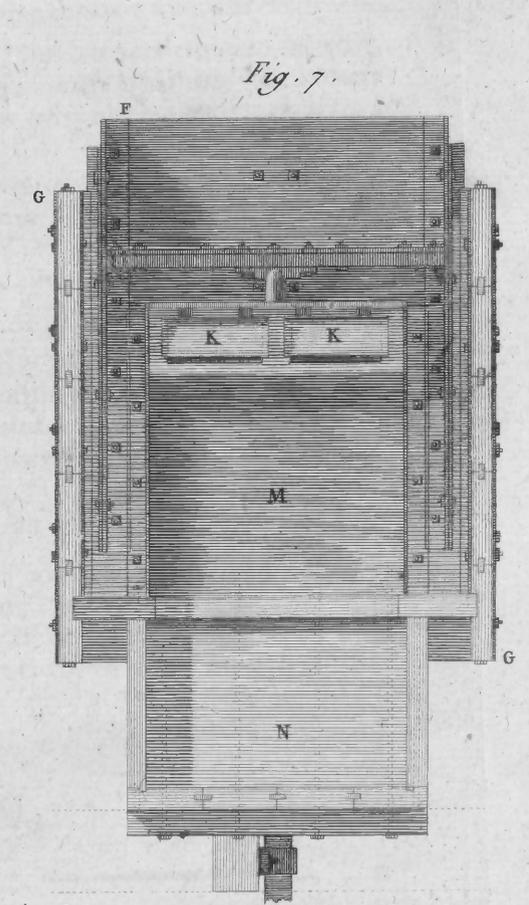
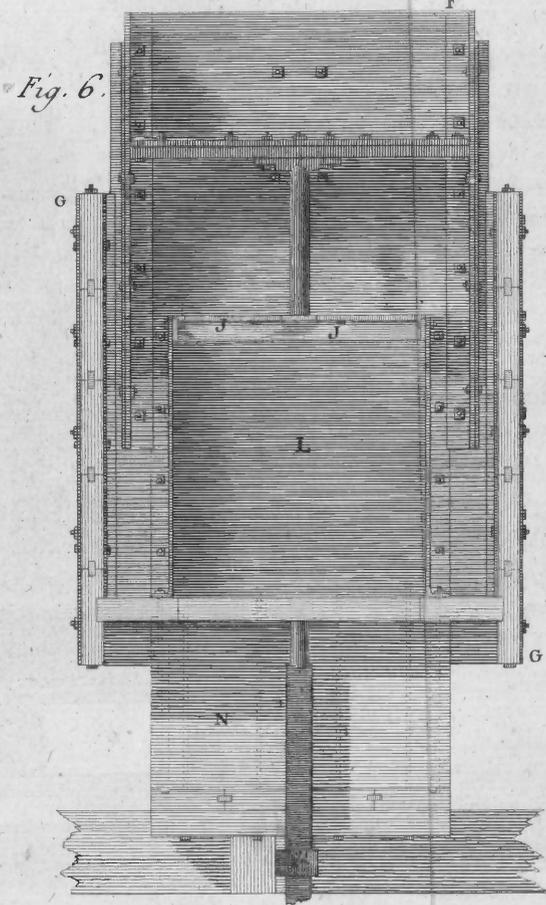
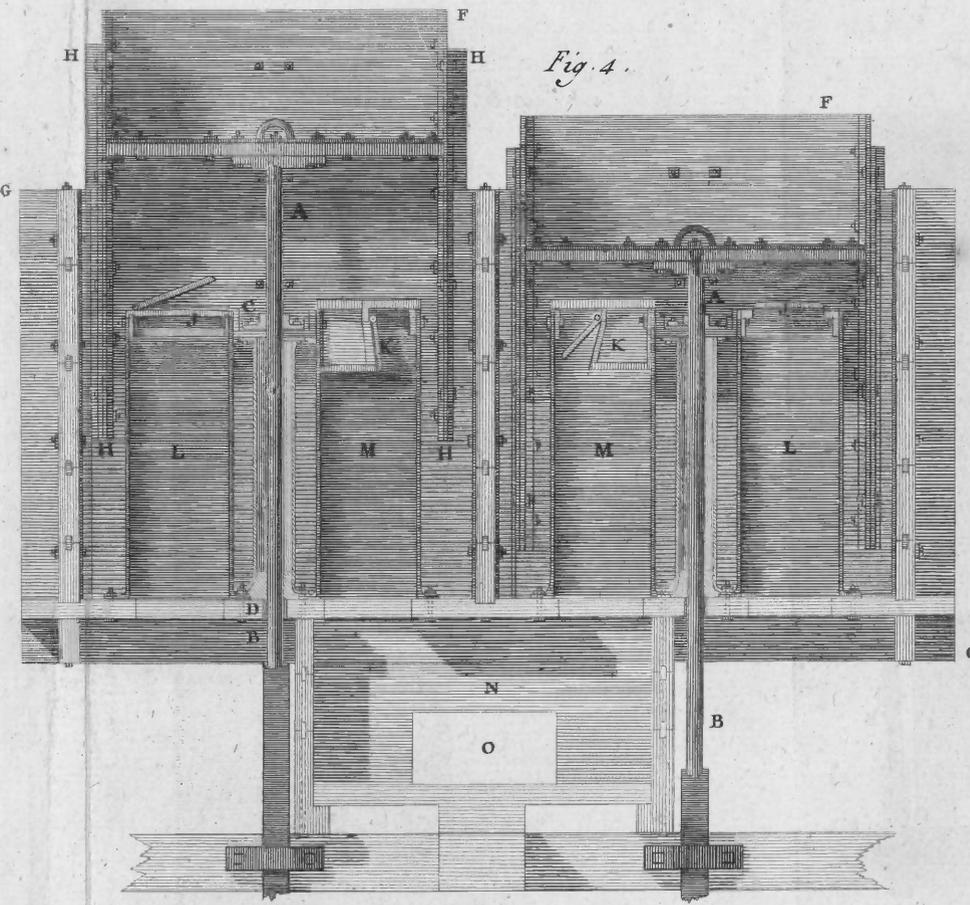
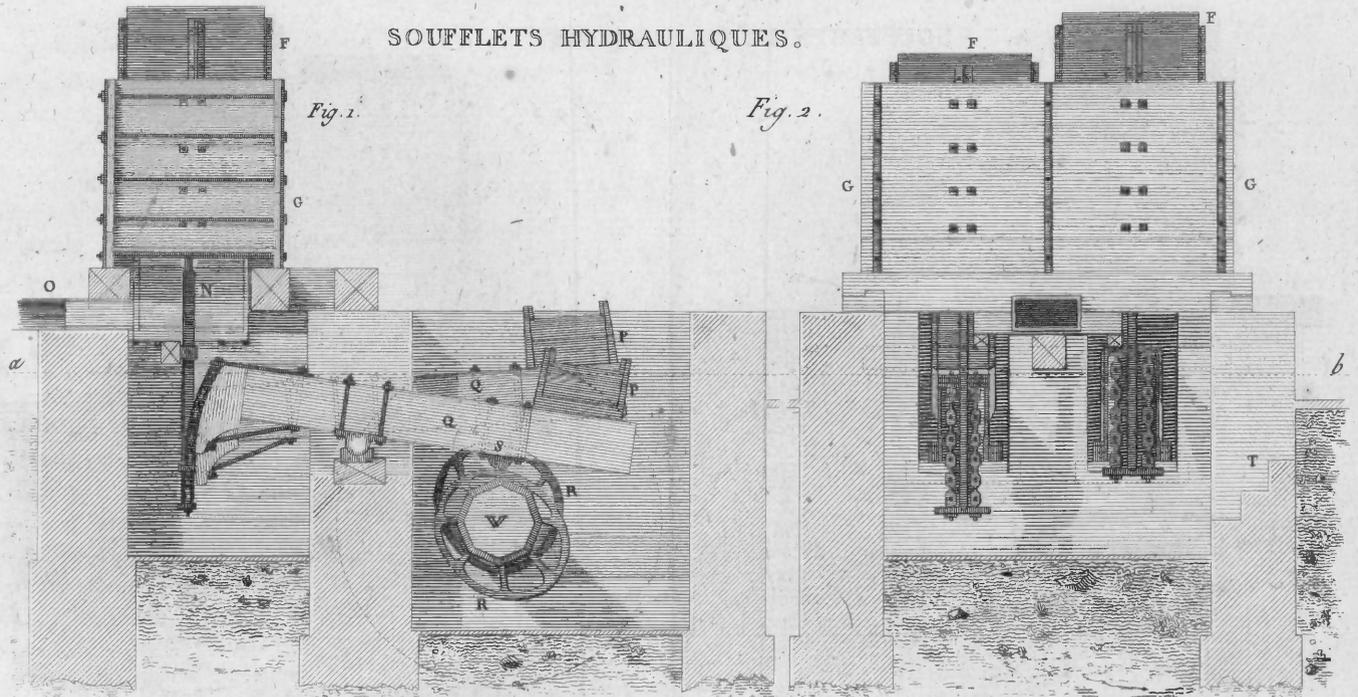


Fig. 8.

SOUFFLETS HYDRAULIQUES.



## N O T I C E

*Sur l'existence, dans le département des Ardennes, d'une Roche particulière contenant du feldspath ;*

Par J. J. OMALIUS D'HALLOY.

ON a souvent annoncé l'existence du granite dans le vaste plateau de terrain ancien, connu sous le nom vulgaire *d'Ardenne*. Dans tous les lieux où j'avais recherché cette substance, je n'avais trouvé que des roches quartzes à l'état de brèche, dont j'ai entrepris de donner une idée dans mon *Essai géologique* sur cette contrée (1). Mais je n'avais pu vérifier à cette époque l'indication qui méritait le plus d'attention, celle consignée dans l'intéressant *Précis géographique du département des Ardennes*, dont M. Coquébert de Montbret a enrichi le *Journal des Mines* (2). Ce n'est qu'en 1810 que j'ai eu l'occasion de visiter cet endroit, où j'ai trouvé, au lieu d'un véritable granite, une roche particulière qui me parait très-curieuse.

C'est à Deville et Laifour, canton de Monthermé, département des Ardennes, que j'ai observé cette roche; mais l'espèce de régularité et de constance qui règne dans la consti-

(1) *Journal des Mines*, tom. XXIV, pag. 128, 279, 362, etc.

(2) *Idem*, tom. XVII, pag. 310.

tution géologique de l'Ardenne, me persuade qu'on doit la retrouver dans beaucoup d'autres lieux.

On se rappelle que le terrain de cette contrée est composé d'ardoise et de quartz en couches ordinairement fort inclinées, dirigées du Nord-Est au Sud-Ouest, alternant indéfiniment entre elles, et s'unissant de manière à présenter un grand nombre de modifications intermédiaires.

L'ardoise est très-bien prononcée à Deville, où elle est l'objet d'exploitations importantes. C'est au milieu de ses couches un peu au-dessous du village, sur les bords de la Meuse, qu'on trouve la nouvelle roche qui se lie aussi avec l'ardoise ordinaire par une série de nuances dans lesquelles je choisirai trois modifications principales, qui donneraient une idée suffisante de cette substance si elles étaient bien décrites (1).

La première est une roche non sensiblement feuilletée, plus dure que l'ardoise ordinaire, d'un gris plus foncé, qui paraît avoir des rapports avec les matières intermédiaires entre les quartz et les ardoises, et qui annonce quelque tendance à passer à l'état talqueux. Cette espèce de pâte renferme une grande quantité de parties étrangères de deux espèces différentes, ce sont des globules de quartz hyalin presque transparens, qui ont une légère teinte blanchâtre, quelquefois en fumée, et des cristaux de feldspath blancs très-bien prononcés. Ces

(1) Des échantillons de cette roche sont déposés dans le Cabinet de l'Administration des Mines sous les nos.  $\frac{853}{18}$ , 19, 20 et 21.

cristaux n'ont pas ordinairement plus d'un centimètre de longueur, mais le feldspath se trouve aussi en masses irrégulières qui atteignent jusqu'à la grosseur d'un œuf, et qui paraissent alors perdre un peu de leur texture lamelleuse.

Les couches de cette roche ont plus résisté aux causes de destruction que celles d'ardoise, de manière qu'elles forment une saillie sur la pente qui borde la vallée. Elles ont du reste, la même disposition que les ardoises environnantes, c'est-à-dire, qu'elles sont inclinées de 70 à 80 degrés vers le Nord.

La pâte qui forme la seconde modification ressemble davantage aux ardoises dont elle a la couleur et la dureté; elle contient, de même que la précédente, une grande quantité de globules de quartz et des cristaux de feldspath. M. Haüy a eu la complaisance d'examiner ces derniers, et a reconnu qu'ils appartenait à une variété nouvelle dont il possédait déjà des échantillons venant d'Auvergne et de Rome. Ce célèbre minéralogiste désigne cette variété par le nom de *quadri hexagonal*, et représente son signe cristallographique de la manière sui-

vante  $\begin{matrix} G & M & T & I & P \\ l & M & T & y & P \end{matrix}$ . Ces cristaux sont très-souvent hémitropes, et une partie d'entre eux a éprouvé un allongement, en sens inverse de celui des autres, qui leur donne un aspect tout différent: les facettes les plus étendues, chez les premiers, y deviennent si petites, que quelquefois on ne les aperçoit presque plus, et qu'on est tenté de rapporter leur forme à la variété unitaire. Il paraît que ce sont les cristaux renfermés dans

la première modification de roche indiquée ci-dessus, qui offrent cette disposition, tandis que ceux de la seconde variété présentent la forme ordinaire.

On prendrait, au premier aperçu, la troisième modification pour un schiste grossier, mais avec un peu d'attention on y aperçoit les mêmes élémens que dans les variétés précédentes. Le feldspath, qui ne forme plus des cristaux réguliers, se reconnaît encore par sa texture laminaire et rhomboïdale; le quartz se distingue aisément par sa cassure vitreuse au milieu des lames feuilletées de la matière ardoisée et presque talqueuse qui forme la masse principale. Cette masse, ordinairement grisâtre, prend quelquefois une couleur moins intense, qui paraît due à l'influence et à l'abondance du feldspath qui s'est uni et presque combiné avec elle. Cette modification accompagne les deux variétés précédentes à Deville; je l'ai également observée à Laifour, où je n'ai point remarqué les deux premières modifications, et où elle se trouve au milieu des ardoises dont elle diffère peu au premier coup d'œil.

On aura déjà remarqué que la roche dont je viens d'esquisser les caractères, a beaucoup de rapports avec celle de Cévin en Tarentaise (Mont-Blanc), décrite par M. Brochant, sous le nom de *gneiss* ou *schiste micacé porphyroïde* (1), et que ce savant professeur considère comme contemporaine et faisant partie de la formation du schiste talqueux ordinaire de la Tarentaise.

(1) *Journal des Mines*, tom. XXIII, pag. 362.

Les circonstances du gisement rapportées ci-dessus, me font également regarder *l'ardoise porphyroïde* de Deville, comme une dépendance de la grande formation des ardoises de l'Ardenne.

Cette observation ne laisse pas de présenter quelque intérêt relativement à la géologie de cette contrée; car l'existence du feldspath est une nouvelle preuve de l'ancienneté de son sol, qui doit appartenir aux terrains intermédiaires les plus anciens, et qu'on a souvent, même, considéré comme primitif; opinion toutefois que je ne puis partager, car, outre l'espèce de tradition qui existe, qu'on a trouvé des empreintes de corps organisés dans les ardoises de Fumay (ce que leur ressemblance avec celles d'Angers rend très-probable), on remarque en Ardenne presque tous les caractères dont M. Brochant s'est servi pour prouver que la Tarentaise appartient aux terrains intermédiaires. Si même il était permis de comparer des contrées aussi éloignées, je dirais que l'analogie avec ce qu'on remarque dans les Alpes, me porte à croire que le schiste talqueux de la Tarentaise est un peu plus ancien que l'ardoise de l'Ardenne.

L'ardoise porphyroïde de Deville peut faire naître aussi quelques réflexions relatives à la texture qu'affectent certaines roches. La première idée qui se présente, quand on voit des échantillons des deux premières variétés ci-dessus, c'est que ce sont des brèches ou *granwackes communes*; et en effet, si on faisait abstraction des cristaux de feldspath, ils en auraient tous les caractères, et même à la ri-

gueur, ces cristaux pourraient être d'une origine étrangère et avoir été enveloppés dans la masse, ce qui ne serait pas plus difficile à concevoir que les brèches à fragmens auguleux. Mais la troisième variété me semble prouver incontestablement, que le tout est d'une formation locale, car nous voyons dans cette modification, que les élémens du feldspath et du quartz se trouvaient dans le liquide qui a déposé la masse pierreuse, et qu'ils ont pu y éprouver les effets de l'affinité au point de prendre la texture qui leur est propre, mais pas au point de former de véritables cristaux, ni même d'éviter totalement le tissu feuilleté de la matière schisteuse. Si nous passons ensuite aux autres variétés, nous voyons que les circonstances ont successivement laissé plus de liberté aux effets de l'affinité, et nous arrivons à un terme où les cristaux de feldspath et les globules de quartz, n'ont plus aucune liaison ni aucun rapport avec la masse qui les enveloppe. Cependant ces globules de quartz dont nous avons pour ainsi dire suivi l'origine, ne présentent que des formes arrondies, et ne diffèrent pas de ceux qu'on trouve dans les brèches ou *grauwackes*; ce qui, joint à quelques autres observations, me porterait à croire qu'il ne serait point absolument impossible qu'il existât des roches dont la texture fût celle des brèches, *grauwaches* ou *poudingues*, et dont l'origine ne fût pas due à la destruction et au transport de couches préexistantes.

---

## ESSAI DES MINÉRAUX

PAR LE MOYEN DU CHALUMEAU;

Par M. HAUSMANN, *Inspecteur général des Mines à Cassel.*

Extrait des *Tablettes minéralogiques de M. LÉONHARD* (année 1810), par E. M. L. PATRIN.

AUCUN minéralogiste n'ignore l'utilité que la minéralogie a retirée des essais faits par le moyen du chalumeau; mais elle eût été plus grande encore, s'il se trouvait plus d'accord dans la manière dont les auteurs ont rapporté leurs expériences, ce qui provient non-seulement de la différence des procédés qu'ils ont employés, mais encore du plus ou moins d'attention qu'ils ont donnée aux petits phénomènes qui se sont présentés dans le cours de l'expérience; et enfin, du défaut d'une nomenclature précise de ces mêmes phénomènes, et des effets qui en ont été le résultat.

C'est pour remédier à ces inconvéniens, que l'auteur a cru devoir présenter la méthode suivante, avec une nomenclature relative à tous les faits qui se présentent dans le cours des essais.

*Circonstances à observer dans la préparation de l'expérience.*

*Volume du fragment qu'on veut essayer.*

Ce volume doit être proportionné à la grosseur du dard de flamme auquel on l'exposera.

Si l'ouverture du chalumeau n'a que le diamètre d'une épingle, le volume du fragment ne doit être que de la grosseur d'une lentille.

Pour support du fragment, on peut se servir :

1°. D'une pincette de platine, ou du moins dont les pointes soient de ce métal.

2°. D'un petit tube ou cylindre de verre dont on ramollit l'extrémité pour y fixer le fragment.

3°. D'un filet de saparre (ou cyanite), suivant la méthode de Saussure.

4°. D'un charbon de bonne qualité, surtout de tilleul ou d'aune, qu'on aplanit d'un côté, où l'on creuse une petite fossette pour y placer le fragment. On peut couvrir ce charbon d'un autre, et dans ce cas on pratique dans le charbon un passage pour le dard de flamme qui doit tomber sur le fragment contenu dans la fossette.

5°. L'on peut composer un support avec de la poussière de charbon pétrie, dans du mucilage de gomme adragante. On forme de cette pâte des parallépipèdes qu'on laisse sécher lentement ; au reste, on s'en sert comme du support précédent.

6°. L'on peut se servir d'une petite cuiller d'or ou d'argent pur, mais encore mieux de platine, dont la queue soit implantée dans un tuyau de pipe ou dans un manche de bois, pour préserver les doigts de la brûlure.

Quant à la manière de présenter le fragment à la flamme du chalumeau, on peut le placer, 1°. à moitié plus ou moins dans le trait de flamme ; 2°. dans la partie jaune de la flamme (qui opère l'oxydation) ; 3°. dans la partie bleue (qui opère la réduction).

### *Durée de l'expérience.*

Elle dépend des différentes parties de la flamme où le fragment est exposé, et du degré d'intensité du dard de la flamme.

Cette intensité dépend du volume d'air que donne le chalumeau suivant la largeur de son ouverture, qu'on peut faire varier au besoin si le chalumeau est construit d'une manière convenable : le mieux est qu'il soit de métal et formé de trois pièces, d'un tube, d'un réservoir, et d'une pointe en forme de cône : le réservoir placé entre le tube et la pointe, retient l'humidité de l'haleine, et sert en même tems de modérateur au moyen de l'air comprimé qu'il contient. On peut adapter à ce réservoir des tubes de différens diamètres, et des pointes d'ouverture différente. On peut ainsi se procurer un courant d'air plus ou moins fort. L'abondance du courant d'air dépend de la puissance de l'instrument soufflant : on fournit l'air au chalumeau, ou par le moyen d'un soufflet à double vent, ou par le moyen de la bouche ; on aspire l'air par les narines, et on le comprime par les muscles des joues : cette méthode est la plus usitée et la plus commode, elle rend plus maître de l'expérience. On tient de la main gauche le support du fragment qu'on veut essayer, et le chalumeau de la droite, en appuyant les coudes sur la table. On pourrait aussi placer le fragment sur un support, soit fixe, soit mobile ; mais on conduirait moins bien l'expérience qu'en le tenant à la main.

L'intensité du trait de flamme est différente :

1°. Suivant l'état de l'air qui sort du chalumeau, il n'est pas douteux que celui que fournit un soufflet est plus pur que celui qui vient de la bouche; cependant on ne voit pas que cette différence influe beaucoup sur les résultats de l'expérience.

2°. Cette intensité est différente suivant la nature de la lumière qu'on emploie : chandelle, lampe, ou bougie. La chandelle vaut mieux que la lampe : la bougie est préférable à la chandelle. Pour le mieux, la mèche doit être plate, de même que la bougie; la mèche peut être ou simple ou composée de deux ou trois doubles; la flamme a conséquemment aussi une forme aplatie. On dirige le courant d'air contre un des côtés étroits, et de manière que le dard de flamme se porte de haut en bas sous un angle d'environ 45 degrés.

3°. Son intensité est différente suivant les différentes parties de la flamme où l'on expose le fragment. L'endroit où cette intensité est la plus forte, est l'extrémité de la pointe bleue de la flamme. On rencontre ce point en ramenant insensiblement le fragment qu'on tient au bout de la pince, depuis l'extrémité de la flamme contre la pointe bleue, jusqu'à ce qu'on trouve le point où il rougit le plus vivement.

Dans le cours de l'expérience, on doit observer, à l'égard des fragmens qu'on essaye (sans addition), les divers phénomènes qu'ils présentent.

⁹ Dans ceux qui n'offrent aucun changement considérable, on remarque les différentes teintes qu'ils

qu'ils prennent en rougissant, depuis le rouge faible jusqu'au blanc.

La phosphorescence, quand elle a lieu, présente aussi diverses couleurs qui changent quelquefois, comme on le voit dans l'apatite et le spath-fluor.

On remarque aussi la couleur que prend la flamme elle-même; le sulfate de strontiane, par exemple, donne à la partie bleue de la flamme une teinte rougeâtre.

Quant aux changemens qu'éprouve le minéral, ils peuvent avoir lieu sans que la forme du fragment soit altérée, tel què le changement ou la perte de la couleur.

Celle de la surface peut devenir plus forte, soit uniformément, soit par places, comme cela arrive aux pyrites.

Le changement de couleur peut s'étendre sur la totalité du fragment, comme dans l'oxyde jaune de fer qui devient totalement rouge, les fleurs de cobalte qui deviennent entièrement bleues, l'anhracite qui perd totalement sa couleur, etc.

Il y a changement ou perte de l'éclat, comme dans le mica blanc, le gypse lamelleux, etc.

Il y a changement ou perte de la transparence, comme dans le mica blanc, etc.

Il y a changement dans la qualité réfringente, quand les molécules d'un fragment qui était diaphane, viennent à s'écarter les unes des autres par la perte de l'eau de cristallisation, ou

par l'agrandissement de leurs interstices, ce qui donne souvent l'occasion de connaître la texture de diverses substances, telles que le spath pesant, etc.

Il y a changement dans la consistance : elle augmente dans quelques substances qui durcissent au feu, comme l'argile à potier; elle diminue dans d'autres, comme dans la chaux que l'action du feu rend poreuse.

Il y a quelquefois développement d'odeur, comme dans le pyrosmalithe, qui rend une odeur d'acide muriatique oxygéné, etc.

Le minéral peut acquérir aussi quelques saveurs : la chaux prend le goût alcalin, la baryte le goût hépatique, le sulfate de strontiane, un goût acide, etc.

Il peut y avoir changement de forme sans altération essentielle de la substance, comme dans la liquéfaction par l'eau de cristallisation de l'alun, du borax, etc.

*Décrépitation* : quand un minéral éclate en fragmens plus ou moins menus, et avec plus ou moins de force et de bruit, ce qui provient, soit de l'eau de cristallisation réduite en vapeurs, soit de la dilatation de l'air contenu dans les interstices des molécules. On distingue la décrépitation qui se fait avec un bruit assez fort, et en fragmens assez gros, comme dans la galène, ou avec pétilllement, comme dans le sel marin, etc.

*Évaporation* : quand les molécules d'une substance s'en détachent sous la forme d'une vapeur,

sans altération dans leur substance, comme l'eau, le mercure, etc.

*Nota.* Cette évaporation, qui a lieu sans altération de la substance du minéral, est fort différente de celle où le minéral se dissipe en fumée (*verrauchen*); nous n'avons pas en français de mot technique pour exprimer ce dernier genre de volatilisation.

*Exfoliation* (das aufblättern). Séparation ou écartement des lames d'un minéral, d'où résulte une augmentation de volume, comme dans le gypse lamelleux, l'apophyllite, la stilbite, le triphane, etc.

*Efflorescence* (das ausblühen). Formation de petites houppes mousseuses sur les bords ou les faces du fragment, phénomène produit probablement par quelque dégagement de gaz.

*Formation de bulles* (das blasenwerfen). Quand il se forme des bulles solitaires sur les bords ou les faces du minéral, comme dans le pyrophyssalite, probablement par le dégagement du gaz fluorique.

*Boursouffure* (das aufschäumen). Quand le minéral augmente de volume par la formation d'une multitude de petites bulles qui lui donnent l'apparence d'une écume : est-ce par un dégagement de gaz ou un développement de vapeurs? c'est ce qu'on ne sait pas bien. On remarque ce fait dans la méionite, la lépidolite, etc.

*Bouillonnement* : quand un minéral entrant en fusion, prend un mouvement d'ébullition, comme le borax, la hornblende basaltique, etc.

*Végétation* (das aufblühen). Quand le miné-

ral présente des formes de buissons, des rameaux, des dentelures, comme le borax, la mésotype, la gadolinite, la préhnite, etc.

*Arrondissement* (das zurunden). Quand les bords et les angles se fondent et s'émousent, comme dans quelques variétés de talc, etc.

*Vernis* (das glasuren). Quand il n'y a que la surface du minéral qui entre en fusion, de manière que le morceau paraît couvert d'un vernis, comme dans quelques staurolites, etc.

*Fritte* : quand il n'y a que quelques molécules du minéral qui entrent en fusion, tandis que les autres y résistent, comme dans la roche composée de quartz et de feldspath compacte intimement unis (*hallelinta* des Suédois). La fritte offre ainsi un moyen de reconnaître un mélange qui ne serait d'ailleurs nullement apparent.

*Scorification* (das verschlacken). Quand toute la masse passe à une fusion imparfaite, de manière à ne pouvoir former un globule, comme certaines chlorites.

*Fusion complète* (das schmelzen). Quand toute la masse devient nettement fluide, et forme des globules ou des perles.

*Cristallisation* : quand un minéral fondu prend, en se refroidissant, une forme régulière, comme le phosphate de plomb, le carbonate de soude, etc.

Changemens qui attaquent la forme et la substance elle-même.

*Combustion* ou *oxydation*, quand toutes les parties d'un minéral, ou quelques-unes, se

combinent avec l'oxygène, d'où résultent les phénomènes suivans :

*Consomption* (das verglimmen). Combustion lente et volatilisation des parties combustibles, sans flamme ni fumée, comme l'anhracite.

*Inflammation* : combustion rapide avec flamme (dont il faut observer la couleur), comme la houille.

*Dissipation en fumée* (das verrauchten). Volatilisation des parties combustibles, avec fumée visible, qui se condense et s'attache sur les corps froids et sur le support, comme la houille, l'antimoine natif, etc.

*Calcination* : conversion d'un minéral en oxyde métallique sous forme terreuse : ce changement peut être complet, ou seulement à la surface.

*Vitrification* : conversion d'un minéral en oxyde métallique vitreux.

*Carbonisation* : conversion d'un minéral en matière charbonneuse, comme la houille.

*Incinération* : conversion d'un minéral en cendres, par l'effet de la combustion. Elle peut se manifester ou seulement à la surface, comme dans le kohleblende, au commencement de l'expérience, ou dans toute la masse, comme dans le braunkohle.

*Réduction*, elle s'opère par la privation de l'oxygène ou d'un acide, ou autre minéralisateur, comme le carbonate de plomb, la mine d'étain, le cinabre, etc.

Il faut encore observer les circonstances des

autres phénomènes qui se présentent dans le cours de l'expérience.

S'ils sont plus ou moins faciles et rapides, plus ou moins lents et difficiles.

S'ils sont simples ou composés; simples, quand il ne s'en présente qu'un seul, comme la fusion du feldspath compacte; composés, quand il s'en manifeste plusieurs; ceux-ci peuvent être ou simultanés, comme l'odeur, la flamme, la fumée et la carbonisation de la houille; ou successifs, comme la division, le gonflement, la la boursofflure, et enfin, la fusion du borax.

Le changement qu'éprouve le minéral est ou fort ou faible.

Il est fort quand il affecte la majeure partie de la substance.

Il est faible quand il n'en affecte que la moindre partie.

Il est universel ou partiel: universel, quand il affecte toutes les parties du minéral, comme dans l'antimoine natif, qui est totalement converti en fumée. Il est partiel, quand il n'en affecte que quelques-unes, comme dans l'argent antimonial, où l'antimoine est réduit en fumée, tandis que l'argent demeure fixe.

La manière dont se comportent les minéraux varie suivant les moyens qu'on emploie.

Quand l'essai se fait *avec addition*, il faut considérer la nature de la substance qu'on ajoute pour faciliter la fusion du minéral qu'on essaie. Parmi les fondans, il y en a qui, dans certaines circonstances, opèrent la réduction, et dans d'autres, l'oxydation, comme le nitre.

Les fondans s'emploient ou à sec, en les mêlant avec le minéral, après les avoir l'un et l'autre réduits en poudre; ou bien on humecte ce mélange, et l'on en fait une pâte qu'on expose à l'action de la flamme. Avant d'employer les fondans, il convient de priver de leur eau de cristallisation ceux qui en contiennent.

Les fondans les plus usités sont, 1°. le *minium* pour les substances terreuses. 2°. Le *spath fluor*, qui est un très-bon fondant pour le gypse avec lequel il forme un émail. 3°. Le *gypse* est réciproquement un excellent fondant pour le spath-fluor. 4°. Le *borax*, qui est fréquemment employé, soit pour les substances terreuses, soit pour les substances métalliques, et qui souvent agit comme flux réductif; mais avant de l'employer, on doit avoir soin de le réduire en verre. 5°. Le *borax nitré*, c'est-à-dire, dont on a saturé la soude surabondante avec l'acide nitrique: c'est un des meilleurs fondans, surtout pour les substances métallifères. 6°. Le *carbonate de soude*, qu'on emploie avantageusement avec les matières siliceuses. 7°. Le *carbonate de potasse*. 8°. Le *sel microscopique*, qui est d'un emploi fréquent et très-efficace. 9°. Le *verre de phosphore*, c'est-à-dire, l'acide phosphorique réduit à l'état vitreux. 10°. Le *nitre*, qui est un excellent moyen d'essai pour les substances inflammables, et un puissant fondant pour les substances métalliques.

A l'exception du nitre et du borax, on peut employer les divers fondans sur toutes sortes de supports, mais avec ces deux-là, qui ont la propriété de détonner avec le charbon, il faut

se servir, pour support, de la petite cuiller de platine.

Les flux réductifs sont ceux qui enlèvent l'oxygène aux minéraux, ou qui l'empêchent de s'y combiner.

Le charbon même qui sert de support remplit cet objet; mais pour augmenter cet effet, on réduit du charbon en poussière, qu'on mêle avec le minéral pulvérisé, et l'on expose ce mélange à l'action du chalumeau, soit à sec, soit après en avoir fait une boulette avec du mucilage de gomme adraganthe.

L'huile est encore un très-bon moyen réductif quand on en imbibe le minéral réduit en poudre.

Dans les essais avec addition, on observe la manière dont se comporte le minéral avec le flux, s'il y est fusible ou s'il résiste à la fusion.

S'il est fusible, on observe, 1°. si c'est tranquillement. 2°. Si c'est avec dégagement de gaz, comme dans la fusion du manganèse gris avec le borax. 3°. Si c'est sous la forme d'écume.

On observe quel est le tems nécessaire pour opérer la fusion, si elle est plus ou moins vive et prompte, ou plus ou moins lente et difficile.

On observe la couleur que prend le flux: par exemple, le borax est coloré en bleu de smalt par la mine de cobalt; en couleur d'hyacinthe ou en violet bleu, et même en noir, par le manganèse gris, suivant la quantité de ce minéral.

On observe si la couleur est permanente, comme celle que donne le cobalt, ou si elle est fugace et disparaît en refroidissant, comme il arrive au verre de borax fondu avec un minéral

ferrugineux, qui paraît vert tant qu'il est chaud, et perd cette couleur par le refroidissement.

La couleur peut aussi changer lorsqu'on tient le minéral dans différentes parties de la flamme: par exemple, le verre de borax, avec une légère addition de manganèse, est coloré en violet-bleu, tant qu'on le tient dans la partie oxydante de la flamme, et il perd cette couleur quand on le fait passer dans la partie réductive.

On observe si le minéral a la faculté de se réduire, ou s'il ne l'a pas: sa réduction peut être complète, c'est-à-dire, que toutes ses parties sont réduites; ou incomplète, quand elle n'a lieu que pour quelques parties; comme dans la mine rouge de cuivre traitée avec le borax.

On observe s'il y a détonation dans la combustion des corps inflammables, et si elle est vive et forte, ou si elle est faible comme dans le kohle blende et la houille traitée avec le nitre.

Les produits des essais peuvent être:

1°. Un *verre*, c'est-à-dire, un corps transparent ou du moins translucide, avec une surface lisse, une cassure conchoïde et un éclat vitreux. On observe s'il est *compacte*, ou *bulleux*, ou *écumeux*, comme dans l'obsidienne et le pechstein; s'il est net et *transparent*, s'il a des *nuages* ou des places peu transparentes, s'il est *coloré* ou *incolore*.

2°. Un *émail*, c'est-à-dire, un corps opaque à cassure conchoïde, surface lisse, éclat vitreux, qui souvent se rapproche de l'éclat de la cire. On observe s'il est compacte comme celui que

donne le gypse, s'il est bulleux, ou écumeux, comme celui de la mésotype; s'il est sans couleur, comme celui du gypse, de la mésotype, de la stilbite, etc. ou s'il est coloré comme l'émail verdâtre que donne le jade néphrétique.

3°. Une *scorie*, c'est-à-dire, un corps ordinairement opaque ou tout au plus translucide, à surface criblée de trous: on observe si elle est compacte, bulleuse ou écumeuse; on observe son éclat qui est ou mat, ou vitreux, ou métallique; sa couleur qui est ou noire ou brune, etc. On observe si elle est attirable à l'aimant, comme celle de la chlorite, de quelques micas, etc. ou si elle n'est point attirable.

4°. Une *fritte*, c'est-à-dire, un corps dont la cassure offre des parties vitreuses, et d'autres non vitreuses: on observe la couleur de la fritte.

5°. Un *régule*, c'est-à-dire, un globule métallique.

6°. Une *ochre*, ou substance terreuse, contenant un oxyde métallique: on observe sa couleur.

7°. Un *koack*, résidu charbonneux et bulleux de la houille, ayant assez de consistance après la combustion de sa partie bitumineuse.

8°. Un *charbon*, substance noire, légère, friable, ayant quelque éclat, composé d'hydrogène et de carbone oxydulé.

9°. De la *endre*, matière terreuse, pulvérulente, alcaline, contenant des molécules d'oxydes métalliques; c'est le résidu de la combustion de divers corps; sa couleur est grise ou blanche, ou jaune, ou rougeâtre.

10°. Des *fleurs* (*beschlag*), dépôt pulvérulent très-fin, produit par la volatilisation de certaines substances, et qui s'attache au support même ou à quelque corps froid placé au-dessus. Cette matière déposée est tantôt une suie comme dans la combustion de la houille, tantôt du soufre, tantôt un oxyde métallique: ce dernier est de diverses couleurs; celui de l'arsenic et de l'antimoine est blanc, celui du plomb est jaune. La couleur est permanente comme dans les fleurs d'antimoine, ou variable suivant la température qu'éprouve l'oxyde, comme on le voit dans l'oxyde de bismuth, qui est jaune aussi long-tems qu'il est exposé à la flamme du chalumeau, et qui devient blanc dès qu'il se refroidit.

Enfin, l'on observe les changemens qui arrivent aux produits des expériences, quelque tems après qu'elles sont terminées, comme dans l'émail produit par la fusion de la baryte, qui se délite en petits fragmens, quelques heures après l'expérience.

## NOTE

*Sur un Quartz molaire exploité par M. PAGÈS, à la Fermeté-sur-Loire, canton de Saint-Benin d'Azy, département de la Nièvre (1).*

DE toutes les substances minérales employées à moudre le blé, celle dont l'usage est le plus fréquent en France, appartient à l'espèce *quartz*, dont elle offre une modification que M. Haüy a désignée sous le nom de *quartz molaire*; vulgairement *pierres à meule*, *pierres meulières*; telles sont celles qu'on exploite à la Ferté-sous-Jouare, département de Seine-et-Marne; aux Molières, département de Seine-et-Oise; à Houlbec, près Pacy-sur-Eure, département de l'Eure; à Ambierse, département de la Loire, et autres lieux. On sait que les meules à moudre les grains, pour être d'un bon service, doivent avoir une certaine dureté qui les empêche de s'user promptement par leur frottement mutuel; il faut de plus qu'elles soient percées d'une multitude de petits trous dans lesquels les grains s'accrochent de manière à être divisés et broyés, au lieu d'être simplement froissés et écrasés.

(1) La carrière n'est éloignée de la Loire que de deux kilomètres. M. Pagès, qui en est le propriétaire, fait sa résidence à la Fermeté même, et répond aux demandes qui lui sont faites.

Ces deux avantages se trouvent réunis dans un quartz poreux dont il existe une riche carrière dans la commune de la Fermeté-sur-Loire, près Nevers. M. le baron de Breteuil, auditeur au Conseil d'État, préfet de la Nièvre, attentif à ne laisser échapper aucune occasion de signaler tout ce qui est d'une utilité bien reconnue et fondée sur l'expérience, a envoyé à son Excellence le Ministre de l'Intérieur, deux échantillons du quartz molaire que l'on emploie avec le plus grand succès pour la *mouture* du seigle et du froment dans tous les moulins, à plus de trente lieues à la ronde, dans le département de la Nièvre et départemens circonvoisins. Ces deux échantillons, déposés dans le Cabinet de minéralogie de l'École impériale des mines, sous les n<sup>os</sup>. 1044, 1 et 2, présentent deux variétés.

La première est rougeâtre, percée à grands pores, en *œil de chat*, pour nous servir de l'expression usitée parmi les ouvriers. Elle est employée de préférence pour moudre le seigle. La grande porosité de ce quartz le rend plus *mordant*. Il constitue les premiers bancs de la carrière.

La deuxième, située au-dessous, est d'un gris un peu *argentin*, ses pores sont plus petits; on la nomme *œil de perdrix* (1). Elle sert à moudre le froment, parce qu'elle *fait très-blanc*, et *cure le son sans le broyer*.

(1) On connaît cet adage par lequel les exploitans de pierres meulières caractérisent celles qui sont les meilleures :

OEil de perdrix et couleur d'argent;  
Meunier, si tu en trouves, prends-en.

Les meules sont ordinairement composées d'un œillard qui forme environ les deux tiers de la surface circulaire, et emporte avec lui une portion de la circonférence ; ce qui procure la solidité nécessaire pour mettre au *lavage*. On complète le surplus de la meule avec deux ou trois cartiers que l'on soude avec le plâtre et des cercles de bon fer. On pourrait extraire à volonté des meules d'un seul morceau, mais on préfère les meules de quatre à cinq morceaux, qui sont d'un transport plus facile et moins dispendieux.

Les meules de la Fermeté, à raison de leur porosité, ont, suivant M. Pagès, l'avantage de n'avoir pas besoin d'être souvent repiquées (*gravées*).

On extrait de la même carrière, de petites meules de 30 à 36 pouces de diamètre, sur 18 à 20 pouces d'épaisseur, qui servent aux manufacturiers de fayence pour broyer l'émail.

*Notes sur le Mémoire de M. BOUESNEL.*

*Première note.*

On a fait en 1806, au laboratoire de l'Administration des Mines, l'analyse d'un produit semblable qui provenait d'un haut fourneau du département des Ardennes, et qui avait été envoyé par feu M. Lenoir. Elle était formée de couches minces qui présentaient alternativement un éclat métallique et une couleur verdâtre.

L'analyse qui avait été confiée à M. Drappier, alors élève des mines, a donné pour résultat sur 100 parties :

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| Matière charbonneuse. . . . . | 0,5  |
| Oxyde de plomb. . . . .       | 2,4  |
| Oxyde de fer. . . . .         | 2,6  |
| Oxyde de zinc. . . . .        | 94,0 |
|                               | 99,5 |

Il est très-probable que le plomb se trouve dans cette matière à l'état métallique, et que c'est lui qui donne à toute la masse l'éclat qu'elle présente. Ce métal peut bien se fixer à l'état d'oxyde, mais il est bientôt réduit par les gaz combustibles qui se dégagent du fourneau, à l'aide de la chaleur qu'il éprouve, et qui n'est pas suffisante pour réduire l'oxyde de zinc. H. V. C. D.

*Seconde note communiquée par M. Héron de Villefosse.*

J'ai vu aux forges de M. Jomelles, à Marche-les-Dames (Sambre-et-Meuse), le produit de haut fourneau que M. Bouesnel a analysé, produit qui paraît être abondant en zinc. Je n'ai pas eu occasion d'en observer de semblables dans les forges du Harz, ni dans aucun autre haut

fourneau de l'Allemagne ; mais ce produit m'a frappé par la ressemblance de son aspect avec celui de la substance qu'on obtient abondamment dans les usines à plomb et cuivre du Bas-Hartz, dites *Ocker hütte*, *Julius hütte* et *Sophien hütte*, près Goslar. Là, on traite les minerais singuliers de Rammelsberg, qui contiennent or, argent, plomb, cuivre, zinc, arsenic, soufre et fer. Dans leur fusion, il se forme une *cadmie* (*Ofenbruch*) qui tapisse l'intérieur du fourneau. Autrefois on la rejetait, mais depuis quelques années on la met à profit et on l'emploie avec beaucoup d'avantage, après l'avoir bocardée et lavée, pour la fabrication du laiton. La fabrique de ce genre, nommée *Messing hütte*, près Goslar, n'emploie pas même d'autre *calamine* que cette substance, qu'on désigne par le nom de *calamine des fourneaux* (*Ofengallmey*). On voit, page 133 de la *Richesse minérale*, que la consommation de cette substance s'élève annuellement à 1,150 quintaux dans la fabrique indiquée ci-dessus.

---

## JOURNAL DES MINES.

---

N<sup>o</sup>. 170. FÉVRIER 1811.

---

### AVERTISSEMENT.

Toutes les personnes qui ont participé jusqu'à présent, ou qui voudraient participer par la suite, au *Journal des Mines*, soit par leur correspondance, soit par l'envoi de Mémoires et Ouvrages relatifs à la Minéralogie et aux diverses Sciences qui se rapportent à l'Art des Mines et qui tendent à son perfectionnement, sont invitées à faire parvenir leurs Lettres et Mémoires, sous le couvert de M. le Conseiller d'Etat Directeur-général des Mines, à M. Gillet-Laumont, Inspecteur-général des Mines. Cet Inspecteur est particulièrement chargé, avec M. Tremery, Ingénieur des Mines, du travail à présenter à M. le Directeur-général, sur le choix des Mémoires, soit scientifiques, soit administratifs, qui doivent entrer dans la composition du *Journal des Mines*; et sur tout ce qui concerne la publication de cet Ouvrage.

---

### NOTICE

#### SUR LES MINES DU MEXIQUE,

*Extraite de l'ouvrage intitulé : Essai politique sur le Royaume de la Nouvelle-Espagne, par M. ALEXANDRE DE HUMBOLDT ;*

Par M. BROCHANT Ingénieur en chef au Corps impérial des Mines.

---

### INTRODUCTION.

IL n'est aucun de nos lecteurs qui n'ait eu connaissance du voyage de MM. de Humboldt et Bonpland dans l'Amérique espagnole. Un  
F

voyage de cinq ans dans les contrées où existent les mines d'or et d'argent les plus riches de l'univers, entrepris par deux savans distingués, dont l'un surtout, M. de Humboldt, a fait une étude approfondie de la géologie, de la minéralogie et des travaux des mines, ne pouvait que fournir une masse de matériaux aussi intéressans pour le savant que pour le mineur, et d'autant plus précieux, que ces contrées n'avaient point été encore décrites par des observateurs instruits.

Cependant depuis six ans que MM. de Humboldt et Bonpland sont de retour en Europe, nous n'avons pas entretenu nos lecteurs des résultats de leur voyage, quoique d'autres Journaux scientifiques en aient donné des notices.

Nous avons cru devoir attendre que ces célèbres voyageurs eussent publié eux-mêmes leurs observations.

Mais l'ensemble des recherches savantes auxquelles ils se sont livrés est si vaste, qu'il leur a fallu plusieurs années pour en préparer la publication.

Dans les expéditions de découvertes que les Gouvernemens ont ordonnées à différentes époques dans des contrées lointaines, on a vu embarquer à la fois des astronomes, des botanistes, des zoologistes, des géologues, des géographes, des dessinateurs, et cependant il n'est qu'un petit nombre de ces expéditions qui soient citées avantageusement comme ayant accru à la fois le domaine de toutes les sciences.

M. de Humboldt devait d'abord partir seul, de son propre mouvement, et à ses frais. Seul, il était à la fois astronome, physicien, chimiste,

enfin versé dans toutes les parties de l'histoire naturelle. Il s'est adjoint M. Bonpland qui s'était déjà fait connaître avantageusement en botanique.

Muni de toutes ces connaissances premières, M. de Humboldt emporta avec lui tous les instrumens nécessaires pour observer. Il joignait à une forte constitution physique, cet amour des sciences, ce zèle ardent qui fait supporter toutes les fatigues, toutes les privations, et cette sagacité qui est la première qualité d'un bon observateur.

Aussi dans les vastes contrées qu'il a parcourues, rien n'a échappé à son attention; les déterminations astronomiques, géographiques et nautiques, ... les monumens des anciens habitans, leurs traditions historiques, leurs langages, leurs mœurs, leur agriculture, les progrès de leur civilisation, ... les richesses de ces colonies, leurs différens produits, et surtout ceux de leurs fameuses mines d'or et d'argent, la nature des riches minerais qu'on y exploite, la constitution minérale, la structure du sol, la hauteur des montagnes, parmi lesquelles on compte les plus élevées de tout le globe, ... enfin les animaux, les plantes de ces régions équinoxiales; ... il a rassemblé des matériaux nombreux sur tous ces objets, et il a rapporté en Europe des collections immenses de dessins, de plantes, de minéraux, d'animaux, etc.

On sent bien que la publication de toutes ces précieuses découvertes demandait beaucoup de tems, de travail et de recherches. Il était en outre impossible de ne former qu'un seul ou-

vrage, qui étant dès-lors une sorte d'Encyclopédie, aurait eu l'inconvénient de présenter à chaque lecteur les objets qui l'intéressent particulièrement, noyés au milieu de détails qui lui sont tout-à-fait étrangers.

MM. de Humboldt et Bonpland ont donc partagé les résultats de leur voyage en six parties.

Première partie. *Physique générale et Relation historique du voyage*, 5 vol. in-4°. avec deux atlas, l'un pittoresque, l'autre géographique.

Seconde partie. *Zoologie et Anatomie comparée*, 1 vol. in-4°.

Troisième partie. *Essai politique sur le Royaume de la Nouvelle-Espagne*, 1 vol. grand in-4°. avec un atlas de 20 planches (1).

Quatrième partie. *Astronomie*, 2 vol. in-4°.

Cinquième partie. *Essai sur la Pasigraphie géologique et magnétisme*, 2 vol. in-4°.

Sixième partie. *Botanique*, avec un grand nombre de planches imprimées en couleur.

M. Bonpland s'est chargé de la partie botanique; toutes les autres sont l'ouvrage de M. de Humboldt.

Il n'a encore été rien publié de la cinquième partie, mais il a paru plusieurs livraisons de toutes les autres.

La troisième partie, ou l'*Essai politique sur*

(1) Il a paru en même tems une autre édition de cet ouvrage en 5 vol. in-8°. On n'y a joint que deux planches.

L'*Essai politique*... ainsi que tous les autres ouvrages de M. de Humboldt, que nous indiquons ici, se trouvent chez Schœll, Libraire, rue des Fossés-Saint-Germain-l'Auxerrois, n°. 29.

le Royaume de la Nouvelle-Espagne, est complètement publiée.

C'est dans ce dernier ouvrage que M. de Humboldt a réuni ses observations sur les mines et sur la constitution minérale du Mexique, et c'est de ces observations que nous nous proposons de donner un extrait.

Si l'on se rappelle que la Nouvelle-Espagne a fourni depuis trois siècles une masse immense d'or et d'argent, qu'aujourd'hui son produit annuel en métaux précieux excède la totalité du produit annuel des autres mines d'or et d'argent connues dans les deux continens; que cette contrée, traversée par la chaîne des Cordillères dont les flancs recèlent tant de richesses minérales, présente en outre un grand nombre de volcans, on sentira qu'elle devait offrir un champ vaste d'observations à un savant voyageur tel que M. de Humboldt, et dès-lors on doit désirer vivement de connaître la description physique qu'il en a donnée.

Avant de commencer cette Notice minéralogique sur le Mexique, à laquelle nous devons nous borner ici, pour ne pas nous écarter du but de ce Journal, nous croyons devoir donner à nos lecteurs une idée de l'ensemble de l'ouvrage de M. de Humboldt.

L'*Essai politique sur la Nouvelle-Espagne* est partagé en six livres.

Le premier offre des considérations générales sur l'étendue et l'aspect physique de la Nouvelle-Espagne: l'auteur rapporte un grand nombre de mesures barométriques et trigonométriques, qui font connaître la grande élévation et les inégalités du sol; inégalités qui ont

la plus grande influence sur le climat, l'agriculture, le commerce et la défense des côtes.

Le second livre traite de la population générale et de la division des castes.

Le troisième présente la statistique particulière de toutes les intendances.

Le quatrième livre est consacré à décrire l'état actuel de l'agriculture et de l'exploitation des mines. C'est de cette dernière partie que nous allons donner ici un extrait; elle est l'objet du chap. XI qui est très-étendu, formant à lui seul près d'un cinquième de tout l'ouvrage.

Dans le cinquième livre, l'auteur traite des progrès des manufactures et du commerce.

Enfin le sixième contient des recherches sur les revenus de l'Etat, et sur la défense militaire du pays.

En outre, M. de Humboldt, dans une introduction géographique, établit les moyens dont il s'est servi pour tracer sa carte de la Nouvelle-Espagne; dans les provinces qu'il a parcourues, il a déterminé lui-même la position des principaux points par des observations astronomiques et trigonométriques; pour les détails, ainsi que pour les provinces qu'il n'a pas visitées, il a fait usage d'un grand nombre de matériaux précieux, de cartes manuscrites, qui lui ont été communiquées à Mexico et dont il discute l'exactitude.

Vingt planches sont jointes à l'ouvrage de M. de Humboldt, savoir :

Une carte générale de la Nouvelle-Espagne et des pays limitrophes (1).

Une autre carte plus détaillée de la Nouvelle-Espagne en deux feuilles: toutes les hauteurs observées y sont indiquées en mètres et en toises; 312 points célèbres par leur mines, les cimes de montagnes, et surtout celles des volcans, y sont marquées. L'échelle de cette carte est double de celle de la première.

Une carte particulière de la vallée de Mexico ou de l'ancien Ténochtitlan, sur une échelle beaucoup plus grande que les précédentes: elle est à peu près le quart des cartes de Cassini.

Plusieurs cartes, l'une de la partie orientale du Mexique depuis Mexico jusqu'à Vera-Cruz, les autres de différentes routes principales de l'intérieur du pays, et celle de Mexico à Acapulco.

Une carte dite des *fausses positions*, dans laquelle l'auteur présente les fausses positions attribuées jusqu'ici aux ports de Vera-Cruz, d'Acapulco et de Mexico dans les cartes les plus accréditées (2).

Deux plans des ports de Vera-Cruz et d'Acapulco.

Un profil du fameux canal de Huehuetoca qui sert à préserver la capitale des inondations.

(1) Cette carte existe également dans l'édition in-8°.

(2) M. de Humboldt fait voir que dans les meilleures cartes ces villes étaient placées trop à l'Ouest de deux degrés de longitude; il en a déterminé la vraie position par des observations astronomiques. Il paraît que des ingénieurs mexicains avaient récemment reconnu et rectifié cette erreur.

Trois coupes verticales du sol de la Nouvelle-Espagne, l'une de l'Est à l'Ouest depuis Vera-Cruz jusqu'au-delà de Mexico, les deux autres du Sud au Nord, depuis Acapulco jusqu'à Mexico et de Mexico à Guanajuato.

Ces trois coupes sont d'un très-grand intérêt, elles font sentir la structure de cet énorme plateau si élevé; la nature des roches de la surface y est indiquée (1).

Une seule planche renferme plusieurs petites cartes destinées à représenter les différentes parties de l'Amérique, où l'on a proposé d'établir des canaux de communication entre les deux mers.

Enfin, deux planches imprimées en couleur, représentant des vues de deux fameux volcans, celui de Puebla, aux environs de Mexico, et celui d'Orizaba, aux environs de Vera-Cruz.

Toutes ces planches sont gravées avec le plus grand soin, on peut même dire avec luxe.

Plusieurs parties des cartes paraîtront moins chargées d'indications que d'autres cartes connues des mêmes pays. M. de Humboldt déclare qu'il a rejeté toute indication qui ne lui a pas paru suffisamment appuyée. Il remarque que l'on trouve sur beaucoup de cartes du Mexique des lieux dont on ignore entièrement l'existence dans le pays même; que dans d'autres on a omis des points très-importans, tels que la ville de Guanajuato qui a 70,000 habitans.

(1) Dans l'édition *in-8°*. on a réuni les deux premières de ces coupes en une seule réduite au tiers.

Tel est en peu de mots l'idée que l'on doit se former de l'ouvrage de M. de Humboldt; nous allons maintenant donner un extrait plus détaillé de tout ce qui a rapport aux mines du Mexique.

Nous regrettons beaucoup de ne pouvoir nous étendre également sur toutes les autres parties qui nous ont vivement intéressé; mais le court exposé que nous venons d'en donner suffira pour faire juger de l'utilité du travail et de l'étendue des recherches de M. de Humboldt. On ne peut qu'admirer le zèle et l'activité infatigable de cet illustre voyageur, surtout lorsque l'on pense que ce grand ouvrage sur la Nouvelle-Espagne est le fruit d'un court séjour d'une année dans cette contrée.

Au reste, il est presque superflu de faire ici l'éloge de M. de Humboldt, auquel les savans et les Journaux scientifiques de toute l'Europe ont depuis long-tems payé le juste tribut de louange qui lui est dû.

Certes, il est bien rare de voir un homme riche et d'un rang distingué, quitter sa patrie, et renoncer à toutes les jouissances domestiques pour cultiver les sciences, sacrifier sa fortune, et exposer sa vie pour aller dans les pays lointains observer la nature; mais lorsque ce même homme joint à un zèle et à un dévouement aussi peu commun, une grande étendue de connaissances, une constance infatigable dans les recherches, et surtout un talent extraordinaire pour les grands rapprochemens et les considérations générales, il est au-dessus de tout éloge.

Nous diviserons tout ce que nous nous proposons de dire ici sur les mines du Mexique, d'après M. de Humboldt, en neuf chapitres.

- CHAP. I<sup>er</sup>. *Idée générale de la constitution minérale du Mexique.*  
 II. *Des Mines du Mexique en général.*  
 III. *Des Mines d'argent.*  
 IV. *Travaux d'exploitation.*  
 V. *Traitemens métallurgiques des minerais d'argent.*  
 VI. *Considérations administratives.*  
 VII. *Détails particuliers de géologie et d'exploitation, relatifs à quelques districts de mines.*  
 VIII. *Notice sur les Mines des autres parties de l'Amérique espagnole, comparées avec celles du Mexique.*  
 IX. *Quantité de métaux précieux fournis aujourd'hui, et à diverses époques antérieures, par l'Amérique.*

CHAP. I<sup>er</sup>. *Idée générale de la constitution minérale du Mexique.*

Limites du Mexique.

§. 1. La Nouvelle-Espagne, ou le Mexique, comprend toute cette partie de l'Amérique septentrionale qui s'étend du Sud au Nord, depuis le golfe de Honduras dans l'Océan atlantique, et le golfe de Tehuantepec dans la mer Pacifique, 16<sup>e</sup> degré de latitude septentrionale, jusqu'aux limites de la Louisiane à l'Est, et jusqu'au 38<sup>e</sup> degré de latitude au Nord et à l'Ouest. Le pays de Guatimala qui l'avoi sine au Sud n'y est point compris.

Ainsi la longueur de cette vaste contrée du Sud au Nord est de 22 degrés de longitude, ou de 270 myriamètres (plus de 540 lieues).

§. 2. Une énorme chaîne de montagnes traverse cette contrée à peu près du Sud-Est au Nord-Ouest. C'est la même qui, sous le nom *des Andes*, traverse l'Amérique méridionale. Cette chaîne s'étend jusqu'aux limites les plus septentrionales du Mexique; son élévation vers le Sud, dans la province d'Oaxaca (sous les 16<sup>e</sup> à 18<sup>e</sup> degrés), n'est pas très-considérable. Les plus hautes sommités n'atteignent que 2800 mètres; mais en remontant un peu vers le centre dans les provinces de Mexico, de Puebla, de Guanajuato et de Zacatecas (sous les 18<sup>e</sup> à 23<sup>e</sup> degrés), il y a des cimes de 4000 à 5400 mètres. La neige couvre pendant toute l'année les sommets les plus élevés; sa limite inférieure pendant l'été est de 2350 toises (1).

Plus au Nord, dans l'intendance de Durango ou de la Nouvelle-Biscaye, le terrain commence

Structure  
du sol.  
Hauteurs.

(1) Nous joignons ici une note de M. de Humboldt, sur les différentes limites des neiges perpétuelles sous diverses latitudes.

|                                                |                     |                       |
|------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Sous l'équateur. . . . .                       | 2460 <sup>l</sup> . | 479 <sup>3</sup> mèt. |
| Sous les 20° de latitude boréale. . . . .      | 2350                | 4578                  |
| Sous le parallèle de 45°. . . . .              | 1350                | 2630                  |
| Sous le parallèle de 62° en Suède. . . . .     | 810                 | 1578                  |
| Sous le parallèle de 65° { en Norwège. . . . . | 700                 | 1363                  |
| { en Islande. . . . .                          | 480                 | 935                   |

Cette dernière évaluation pour l'Islande est due à MM. Ohl-  
sen et Wetlarsen: elle donne une limite plus basse que la  
précédente pour la Norwège, quoiqu'à la même latitude.  
M. de Buch, qui a publié cette observation pour la Nor-  
wège, ainsi que celle pour la Suède, dans son *Voyage*

à baisser. On ne connaît pas les hauteurs de la chaîne dans le Nouveau-Mexique, mais on sait qu'elles n'égalent pas celles de la province de Mexico, quoiqu'elles donnent naissance au grand fleuve *Rio del norte*.

Les plus hautes cimes de toute la chaîne sont dans les provinces de Mexico, de la Puebla et de Vera-Cruz, sur une ligne à peu près de l'Est à l'Ouest de Vera-Cruz à Mexico. On distingue le pic d'Orizaba (5295<sup>m</sup> ou 2717<sup>l</sup>), le coffre de Perote (4089<sup>m</sup> ou 2098<sup>l</sup>), l'Iztaccihuatl ou la Femme-Blanche (4786<sup>m</sup> ou 2455<sup>l</sup>), et enfin le Popocateptl (5400<sup>m</sup> ou 2771<sup>l</sup>).

Si donc cette partie des Cordillères n'égale pas en hauteur les andes du Pérou, elle est plus élevée que toutes les montagnes connues de l'ancien continent.

§. 3. Mais cette grande chaîne présente un caractère remarquable qui n'existe peut être pas ailleurs. Sa masse énorme n'est pas, comme les Alpes et les Pyrénées, profondément sillonnée dans tous les sens par de longues vallées qui la partagent en plusieurs chaînes partielles, dont les cimes se terminent en une suite de pointes aiguës; elle ne forme qu'une seule masse d'une largeur considérable, qui se termine d'abord à une hauteur de 1700 à 2400 mètres par un immense plateau dont la surface est généralement unie comme celle des plaines basses de

*en Laponie*, observe avec raison que si les neiges se conservent à un niveau plus bas en Islande qu'en Norwège, c'est parce que dans l'Islande la température moyenne des mois d'été est bien plus diminuée qu'en Norwège par la proximité de la mer.

l'Europe. Sur ce plateau s'élèvent de nouveau, comme d'un vaste piedestal, quelques chaînes partielles, parmi lesquelles se trouvent les hautes cimes dont nous avons parlé.

La plus grande largeur de ce plateau est entre le 18° et le 23° degré de latitude; elle est de plus de 50 lieues: c'est dans cette partie que sont situées les villes de Tlascala, Cholula, Tasco, et Mexico, à une hauteur moyenne de 2300 mètres.

Ce plateau se continue dans toute la chaîne, jusqu'aux limites septentrionales du Mexique; on le suit d'abord sur une longueur de 140 lieues, de Mexico à Durango, sans que dans toute cette étendue il s'abaisse au-dessous de 1700 mètres, et sans aucune interruption; il se prolonge encore à 360 lieues au-delà, jusqu'à Santa-Fe qui est la capitale du nouveau Mexique; et il y conserve encore une élévation d'au moins 800 mètres.

M. de Humboldt s'est assuré des différentes hauteurs de cet énorme plateau, par cinq nivellemens barométriques dans différentes directions. Il a déterminé la hauteur de 208 points. C'est pour représenter une partie de ces nivellemens qu'il a tracé ces dessins indiqués plus haut, qui donnent les coupes du terrain, depuis Acapulco jusqu'à Mexico du Sud au Nord, et de Mexico à Vera-Cruz de l'Ouest à l'Est. Ces coupes sont du plus grand intérêt, et présentent d'un seul coup-d'œil une idée très-nette de cette étonnante structure; ainsi, par exemple, on voit que le voyageur qui va de Vera-Cruz à Mexico, après avoir fait environ 15 lieues dans les plaines brûlantes des bords

Grand plateau très-élevé.

de l'Océan, monte la chaîne, arrive à une hauteur de 2350 mètres, et qu'ensuite, en exceptant la traversée de la chaîne du Popocatepetl qui n'est pas de dix lieues, il reste constamment presque à la même hauteur dans une route de 56 lieues, jusqu'à Mexico qui est à 2277<sup>m</sup>. (1168<sup>l</sup>); et cette ville est encore à plusieurs lieues du commencement de la pente du plateau vers la mer du Sud (1).

C'est un fait extrêmement remarquable dans la géographie physique du globe, que celui d'une plaine immense couverte d'un grand nombre de villes à une hauteur, qui est la même que celles des plus hauts passages des Alpes.

La Cordillère de l'Amérique méridionale est bien différente; elle est partout déchirée et interrompue par des crevasses qui ressemblent à de vastes filons non remplis. Il y existe, il est vrai, des plaines élevées de 2700 à 3000 mètres (14 à 1500 toises, comme dans le royaume de Quito, et plus au nord dans la province de Pastos); mais ces hautes plaines ne

(1) Cette distance de Mexico, au commencement de la pente du plateau vers la mer du Sud, est prise dans la direction d'Acapulco, c'est-à-dire, du Nord au Sud; car si l'on suivait la direction de l'Est à l'Ouest, qui est la même que l'on a suivie de Vera-Cruz à Mexico, on trouverait que cette dernière ville est à plus de soixante lieues de la pente occidentale. — M. de Humboldt fait voir dans son introduction, que cette coupe du plateau serait très-inexacte et en donnerait une fausse idée, parce qu'elle le traverserait en diagonale, attendu que la chaîne ou le plateau se dirige du Sud-Est au Nord-Ouest. Ces deux coupes qu'il a données se rencontrent, il est vrai, à angle droit sur Mexico, mais elles sont néanmoins extrêmement rapprochées d'une coupe qui passerait par les ligues de pente.

sont pas comparables en étendue à celles de la Nouvelle-Espagne; ce sont plutôt de hautes vallées longitudinales, limitées par deux branches de la grande chaîne; au Mexique, au contraire, c'est le dos même des montagnes qui forme le plateau, et la direction du plateau et celle de la chaîne. Dans la Nouvelle-Grenade et le Pérou, on trouve des vallées transversales dont la profondeur est quelquefois de 1400 mètres, ce qui empêche de voyager dans ce pays autrement qu'à pied ou à cheval; au Mexique, au contraire, on peut, en suivant le plateau, aller en voiture de Mexico à Santa-Fe, dans une étendue de plus de 2200 kilomètres ou 500 lieues communes.

Cependant ce vaste plateau des Cordillères du Mexique peut souvent se partager en plusieurs, dont les hauteurs varient, et qui étant séparés par de ces chaînes partielles dont nous avons parlé, paroissent n'être autre chose que d'anciens lacs desséchés. Tel est entr'autre le plateau ou la vallée de Mexico (1).

§. 4. Dans l'ancien continent, le granite, le gneiss et le schiste micacé, constituent la crête des hautes chaînes de montagnes; au Mexique, au contraire, ces roches paroissent rarement au jour. Les côtes d'Acapulco sont formées de roches granitiques; plus à l'Est, et

Nature des roches principales en général.

(1) M. de Humboldt fait remarquer avec raison les avantages précieux que présentent ces plateaux; il en résulte que l'on y jouit sous la zone torride d'un climat très-tempéré, et que l'on voit croître à la fois dans cette colonie la canne à sucre, l'indigo, la vanille et le coton, avec l'olivier, la vigne, les chênes et les pins du Nord.

à la même latitude, dans la province d'Oaxaca, le granite et le gneiss s'élèvent dans des plateaux très-étendus; mais sur la partie centrale des Cordillères du Mexique, et surtout dans la partie de la chaîne comprise entre le 18° et le 22° degré, le granite est presque toujours caché sous des couches épaisses de porphyre amphibolique, de *grunstein*, d'*amygdaloïde*, de *basalte*, et autres *roches trapéennes*. Il y a aussi des roches de transition, ainsi que des roches calcaires, des grès, et autres roches secondaires; mais ces dernières sont surtout abondantes au Nord du tropique, et principalement à l'Ouest du nouveau Mexique.

Au reste, M. de Humboldt n'a pas voulu hasarder de décrire en détail les roches du Mexique, sur lesquelles il croit avoir encore trop peu de données, quoiqu'il ait parcouru le pays dans différentes directions sur une longueur de plus de quatre cents lieues, et qu'il ait recueilli à Mexico beaucoup de renseignemens. On verra dans la description des mines quelques observations sur les roches dans lesquelles elles se trouvent.

Cette indication générale qu'on vient de rapporter de *basaltes* et de *roches trapéennes*, fait déjà soupçonner qu'il y a dans le Mexique beaucoup de matières volcaniques; M. de Humboldt paraît avoir eu de fortes raisons de ne pas prononcer sur l'origine volcanique de la plupart de ces roches; aussi les a-t-il désignées sous le nom générique de *roches trapéennes*; néanmoins, il y a plusieurs de ces roches que M. de Humboldt a caractérisées comme volcaniques.

§. 5.

§. 5. En effet, il y a au Mexique plusieurs volcans encore en activité, et d'autres éteints.

On distingue le volcan de *Tuxtla*, près des côtes de l'Océan, au Sud-Est de Vera-Cruz. Il a eu une éruption le 2 mars 1793.

Le volcan d'*Orizaba*, à l'Ouest de Vera-Cruz; et en suivant encore à l'Ouest le volcan de *Pococatepetl*; nous avons donné la hauteur de ces volcans. (*Voy.* §. 2.)

On trouve ensuite, en allant toujours de l'Est à l'Ouest, le volcan de *Toluca*, un peu au-delà de Mexico; il a 2370 toises d'élévation: plus loin le volcan de *Jorullo* dont l'éruption a eu lieu le 29 septembre 1759; enfin le volcan de *Tancitaro* et celui de *Colima*, près des côtes de la mer du Sud.

Plusieurs de ces volcans jettent constamment de la fumée. En général leurs effets ne sont point à comparer aux terribles ravages que causent les volcans de l'Amérique méridionale.

Mais un fait qui mérite de fixer l'attention des géologues, c'est que *tous ces volcans sont rangés régulièrement sur une ligne qui va de l'Est à l'Ouest* (1). Ils se suivent dans l'ordre que nous avons indiqué, et cette ligne volcanique paraît se prolonger jusque dans l'Océan pacifique, où l'on trouve dans la même direction, sous le même parallèle, et à une longitude de 7 degrés environ à l'Ouest du volcan de Colima, un groupe d'îles connues sous le nom d'*îles de Revillagigedo*, où l'on a observé de la pierre ponce.

(1) Le seul volcan de Tuxtla s'écarte un peu au Sud de cette direction générale.

On trouve en beaucoup d'endroits du Mexique de la *Pierre ponce*, du *perlstein* et de l'*obsidienne*. Cette dernière pierre était connue des Mexicains sous le nom d'*istli*, ils l'employaient à faire des pointes de flèches et de lances, des couteaux et autres instrumens tranchans. On reconnaît encore les traces des grandes carrières où ils exploitaient l'*obsidienne*.

M. de Humboldt a réservé tous les autres détails relatifs à la constitution géologique, et aux volcans du Mexique, pour la cinquième partie de ses ouvrages, qui contiendra ses observations géologiques et magnétiques; mais il a donné dans celui dont nous faisons l'extrait, quelques observations sur le volcan de *Jorullo*.

Volcan de  
Jorullo.

§. 6. Nous avons dit plus haut que l'*éruption de ce volcan* avait eu lieu le 29 septembre 1759. En effet, avant cette époque il n'existait dans ce lieu aucun indice volcanique moderne. Les volcans actifs les plus voisins sont à 42 lieues de distance; et cependant, *dans une seule nuit*, après plusieurs mois de tremblemens de terre et de bruits souterrains qui précèdent ordinairement ces grands phénomènes, *un terrain de 3 à 4 milles carrés, au milieu d'une plaine, a été soulevé en forme de vessie avec un fracas épouvantable, à une hauteur de 12 mètres au-dessus du sol environnant*. L'escarpement qu'a formé cette rupture s'observe très-bien encore. Du milieu de ce terrain soulevé, on vit s'élever des fragmens de rochers incandescens, des flammes, des nuées de cendres: enfin, il s'est formé sur ce même terrain soulevé, au milieu d'un millier de petits cônes enflammés,

six montagnes de scories et de cendres dont les cimes sont élevées de 4 à 500 mètres au-dessus des plaines voisines.... Révolution physique que M. de Humboldt regarde avec raison comme une des plus extraordinaires qui soient connues dans l'histoire du globe.

Il paraît que cette catastrophe a participé à la fois des éruptions boueuses et des éruptions ignées, et que les eaux souterraines ont joué un rôle très-important dans ce grand phénomène. On y observe des couches d'argille qui enveloppent des boules de basalte décomposées: lors de l'éruption, les eaux de deux rivières voisines se sont précipitées dans les crevasses enflammées.

Les nombreux petits cônes dont nous avons parlé, ont communément 2 à 3 mètres de hauteur. Depuis quinze ans leur chaleur a beaucoup diminué: cependant M. de Humboldt, en 1803, y a vu le thermomètre centigrade monter à 95°. Leurs crevasses exhalent une vapeur aqueuse; chaque petit cône est une *fumarole* de laquelle s'élève une fumée épaisse jusqu'à 10 à 15 mètres de hauteur. Dans plusieurs on entend un bruit souterrain qui paraît annoncer la proximité d'un fluide en ébullition.

#### CHAP. II. Mines du Mexique en général.

§. 7. Les premiers Espagnols qui arrivèrent au Mexique furent frappés de la quantité d'or et d'argent qu'ils y trouvèrent; on vendait ces métaux précieux, ainsi que du cuivre, du plomb, et de l'étain, sur les marchés de la capitale. L'or et l'argent étaient employés en vases

Anciennes  
exploitations.

et en ornemens ; les Mexicains faisaient beaucoup moins de cas de l'argent ; le cuivre leur servait à fabriquer des instrumens tranchans qui avaient presque la dureté de l'acier (1) : il paraît qu'ils connaissaient le fer, mais qu'ils n'en faisaient aucun cas. L'étain leur servait à fabriquer une espèce de monnaie ; il y en avait aussi de cuivre. On connaissait le cinabre, mais il n'était employé qu'en peinture.

Non-seulement les Mexicains recueillaient les mines d'alluvion, mais ils se livraient à des travaux souterrains ; ils savaient creuser des puits, percer des galeries.

On ne s'occupe aujourd'hui que des mines d'argent.

§. 8. Les Espagnols n'ont donc fait que suivre, au moins dans les premières années, les indications de mines qui leur ont été données par les indigènes. Mais soit que leur avidité ne se soit occupée que de rechercher l'or et l'argent, soit que ces métaux précieux, et surtout l'argent, soient réellement les plus abondans dans cette vaste contrée, les exploitations des autres métaux ont été très-négligées. Aujourd'hui même, leur produit est peu de chose en comparaison des richesses prodigieuses que l'on

(1) M. de Humboldt ajoute qu'ils employaient ces outils pour sculpter et graver les pierres dures, telles que le grunstein, le porphyre etc... Il a trouvé aussi au Pérou des instrumens de cuivre. Un ciseau péruvien qu'il a rapporté a été analysé par M. Vauquelin ; il y a trouvé 0,94 de cuivre et 0,06 d'étain. Cet alliage était-il artificiel, ou provenait-il d'une mine de cuivre et d'étain à la fois ?... Ce qui est remarquable et qui prouve que cet instrument avait été très-bien forgé, c'est qu'il pesait 8,815, pesanteur spécifique qui n'appartient qu'à un alliage de cuivre avec  $\frac{1}{100}$  d'étain.

retire des mines d'argent, richesses qui loin d'avoir diminué n'ont fait qu'augmenter graduellement depuis trois siècles.

§. 9. C'est donc des mines d'argent qu'il sera ici principalement traité ; mais pour donner une idée complète des richesses souterraines du Mexique, nous allons auparavant parcourir, avec M. de Humboldt, les autres métaux et toutes les substances minérales utiles qui s'y rencontrent.

Autres métaux, etc. qui se trouvent au Mexique.

Le *platine* n'existe point au Mexique ; on l'avait faussement annoncé dans les sables aurifères de la Sonora, dont il sera parlé tout-à-l'heure : peut-être l'analyse le découvrira-t-elle dans les minerais d'argent du Mexique, comme dans le fahlerz de Guadalcanal.

§. 10. *L'or* n'est qu'un faible produit des mines du Mexique, si on le compare à celui de l'argent, puisque la valeur de l'or extrait annuellement n'est guère que la 20<sup>e</sup> partie du produit des mines d'argent ; mais on verra que, considérées isolément, les mines d'or du Mexique sont très-importantes.

Mines d'or.

On extrait ce métal, 1<sup>o</sup>. de lavages dans des terrains d'alluvion, surtout dans la province de Sonora, à l'Ouest, sur les bords du golfe de Californie. On a regardé cette province comme le Choco de l'Amérique septentrionale. Vers les bords de cette même province, dans ce qu'on appelle la *Pimeria alta*, on a trouvé quelquefois des pépites de 5 à 6 livres.

2<sup>o</sup>. De filons dans le gneiss et le schiste micacé dans la province d'Oaxaca, à l'extrémité méridionale du Mexique.

3<sup>o</sup>. Des filons argentifères ; presque tous ceux

du Mexique contiennent de l'or. Celui de Guanaxuato donne environ un marc d'or contre 360 marcs d'argent. A Villalpando, près de Guanaxuato, dans la mine de Santa-Cruz, le filon principal est traversé par un grand nombre de petits filons terreux (filons pourris), si riches en or, quoique ce métal n'y soit pas visible, que pour empêcher la fraude, on force les mineurs de se baigner dans une grande cuve au sortir de la mine.

Mines de mercure.

§. 11. Le *mercure* existe en beaucoup d'endroits du Mexique, surtout entre les 19° et 22° de latitude. Il est peu de contrées qui présente autant d'indices de mercure sulfuré. L'auteur cite un grand nombre d'endroits où l'on a fait des recherches, mais avec peu d'intelligence et de zèle, malgré l'extrême importance que devrait mettre la colonie à posséder dans son sein des mines de mercure, ce métal étant d'une nécessité absolue pour traiter les minerais d'argent. En 1804, on n'exploitait du mercure que dans deux endroits, et on n'en retirait qu'une très-petite quantité.

Le mercure sulfuré se présente au Mexique dans deux gisemens très-différens, dont le dernier surtout est très-extraordinaire.

1°. En couches dans des terrains secondaires. On l'observe au Durasno, entre Tierra Nueva et San-Luis de la Paz. La couche de cinabre est horizontale, et repose immédiatement sur le porphyre; elle est recouverte par de l'argile schisteuse, celle-ci par une couche de houille schisteuse d'un mètre d'épaisseur, sur laquelle on trouve au jour une nouvelle couche d'argile schisteuse mêlée de débris végétaux.

2°. En filons dans des porphyres trapéens. Ce singulier gisement de cinabre existe à San-Juan de la Chica. C'est un filon de cinabre de 2, 3 et même 6 mètres de puissance, qui traverse non un grès ni un schiste argileux, mais un véritable *porphyre à base de pechstein (pechstein-porphyr) divisé en boules concentriques*, dont l'intérieur est tapissé de calcédoine mamelonnée (*hyalite*): le minerai y est très-riche, mais peu abondant.

On trouve aussi au mont Fraile, près de la ville de San-Felipe, un filon de *cinabre dans un porphyre à base de hornstein*; cette roche est aussi traversée par des filons d'étain: elle est indubitablement plus ancienne que le porphyre de la Chica.

§. 12. Le *cuivre* est exploité dans la partie du Mexique à l'Ouest de la capitale, dans les deux provinces de Valladolid et de Guadalupe. Celle-ci a fourni en 1802, 9200 arobas de cuivre (115000 kilogr.). Il y a aussi des mines de cuivre vers le nord, dans le Nouveau-Mexique. Le minerai paraît être du cuivre oxydulé, du cuivre sulfuré et du cuivre natif.

Mines de cuivre.

§. 13. Le *plomb* est très-abondant dans le Nord-Est de la Nouvelle-Espagne, surtout dans le royaume du Nouveau-Léon, dans la province du Nouveau-Saint-André, et dans le district de Zimapan. On s'occupe trop peu de l'exploitation de ce métal, dans un pays où une partie des minerais d'argent est traitée par la fonte.

Mines de plomb.

§. 14. Le *fer* est plus abondant au Mexique qu'on ne le croit communément. On y trouve des filons de fer oxydulé fibreux dans le gneiss, avec du fer sulfuré magnétique; ailleurs on a reconnu

Mines de fer.

un amas énorme de fer brun magnétique. L'auteur cite avec soin tous les lieux où l'on trouve des mines de fer dans la Nouvelle-Espagne, afin de prouver, par ces indications positives, combien on a eu tort de supposer que les mines de fer appartenaient exclusivement sur le globe aux régions les plus septentrionales de la zone tempérée.

L'exploitation du fer est aussi négligée que celles du plomb et du mercure : on préfère en tirer d'Europe (1).

Mines d'étain.

§. 15. L'étain est exploité au Mexique ; on le retire, par le lavage des terrains d'alluvion, de l'intendance de Guanaxuato au Nord de Mexico, et de celle de Guadalajara à l'Est. Sa mine la plus commune est l'étain oxydé concrétionné, jusqu'à présent si rare en Europe. Il paraît que cet étain oxydé concrétionné se trouve originellement dans les filons qui traversent les porphyres trapéens ; mais on ne les exploite pas, l'étain étant plus facile à obtenir par le lavage des terres des ravins.

Autres métaux.

§. 16. L'antimoine est assez commun à Catorce

(1) M. de Humboldt parle ici du fer météorique qui a été trouvé au Mexique en plusieurs endroits, notamment à Zacatecas, Charcas et Durango. C'est M. Sonneschmidt qui l'a fait connaître. La masse de Zacatecas pesait encore il y a dix ans 1000 kilogrammes.

Nous avons publié dans ce Journal (n°. 151, p. 79), une Note de M. Chladni, où il est question du fer météorique de Zacatecas ; mais quant aux pierres tombées au Mexique, entre Cicuic et Quivira, dont il est question dans la même Note, M. de Humboldt paraît regarder cette assertion comme fabuleuse, la position géographique de ces deux endroits étant aujourd'hui totalement inconnue.

et ailleurs. — Le manganèse et le cobalt n'ont point encore été reconnus au Mexique. — Le zinc ne s'y trouve qu'à l'état de zinc sulfuré. — On a trouvé de l'arsenic sulfuré jaune à Zimapan.

§. 17. La houille paraît n'exister que dans le Nord de la Nouvelle-Espagne, au Nouveau-Mexique. Ce combustible minéral est en général assez rare dans toutes les Cordillères : cependant M. de Humboldt a observé dans l'Amérique méridionale, dans la vallée de Bogota, une couche de houille à 2500 mètres au-dessus de la mer.

Houille.

§. 18. Le muriate de soude n'existe pas au Mexique en masses considérables, mais il est abondamment disséminé dans les terrains argileux qui recouvrent le dos de la Cordillère ; le plateau du Mexique ressemble, sous ce rapport, à ceux du Thibet et de la Tartarie. On lessive ces terres pour en obtenir le sel. On prétend que la première couche seule est salifère, que la seconde ne l'est pas, mais qu'elle le devient ensuite naturellement, et qu'elle est à son tour exploitable quelques mois après l'enlèvement de la couche supérieure. M. Delrio s'est proposé de faire des recherches sur ce phénomène.

Muriate de soude.

Ces terres contiennent, outre le muriate de soude, du muriate de chaux, des nitrates de potasse et de chaux, et du carbonate de soude.

L'intendance de Mexico surtout est couverte, dans beaucoup d'endroits, de ces terres salines. Le lac de Tezcuco, qui avoisine la capitale, est salé, et ce qui est remarquable, il est placé entre deux lacs d'eau-douce.

La mine de sel la plus abondante du Mexique

est le fameux lac de Penon-Blanco, situé sur la pente de la Cordillère, au pied d'un rocher de granite, entre San-Luis Potosi et Zacatecas. Il se dessèche chaque année au mois de décembre. On exploite, au profit du Gouvernement, la vase argileuse de son fonds; elle donne 12 à 13 pour 100 de muriate de soude impur et terreux: on en retire 250 mille fanegas (environ 160 mille hectolitres, ou 320 mille quintaux (1)).

Il y a aussi des marais salans sur les côtes de la mer du Sud, près de Colima.

Les usines d'amalgamation consomment la majeure partie du muriate de soude exploité au Mexique; les habitans emploient peu de sel en assaisonnement, ils préfèrent l'usage du piment (2).

Carbonate  
de soude.

§. 19. Le *carbonate de soude* est aussi une substance saline très-abondante au Mexique (3). Nous avons dit plus haut qu'il était mélangé dans certaines terres avec le muriate de soude. Dans plusieurs endroits, c'est le carbonate de soude qui domine; il est surtout abondant vers le mois d'octobre: on lessive ces terres, et on en extrait quelquefois jusqu'à un tiers de leur poids de carbonate de soude. Il y a aussi des lacs dont les eaux sont chargées de ce sel,

(1) Le fanega vaut un peu moins des  $\frac{2}{3}$  de l'hectolitre, et l'hectolitre de sel pèse environ 2 quintaux poids de marc.

(2) M. de Humboldt estime qu'on ne consomme pas au Mexique, en assaisonnement, plus d'une livre de sel chaque année par individu, tandis que cette consommation s'élève à 12 livres en Europe.

(3) Il y est désigné sous le nom mexicain de *tequesquite*.

et d'un peu de muriate de soude; on en compte neuf au Nord de Zacatecas.

Les environs de Mexico, surtout les bords du lac de Tezcucò, et des autres lacs qui existent dans la vallée, sont couverts de ces terres alcalines dont nous venons de parler; il y en a aussi dans l'intendance de Guadalaxara, dans celle de San-Luis Potosi, et plus au Nord, dans celle de Durango.

Les procédés de lessivage de ces terres alcalines sont très-imparfaits; néanmoins, le quintal de carbonate de soude pur ne revient qu'à 50 sous. M. Garcès a proposé des perfectionnemens dans cette fabrication, qui abaisseraient la valeur du quintal à 30 sous.

On emploie avec beaucoup de succès, au Mexique, le carbonate de soude dans la fonte des minerais d'argent, surtout de ceux qui abondent en argent muriaté.

Il nous reste maintenant à parler, avec un peu plus de détail, des mines d'argent, qui sont la partie la plus importante des richesses minérales du Mexique.

### CHAP. III. Des mines d'argent.

§. 20. Presque toutes les mines d'argent du Mexique sont situées sur le dos ou sur les flancs de la Cordillère, surtout à l'Ouest de la chaîne. Elles sont donc principalement dans les provinces qui occupent le centre entre les deux mers. Les groupes qu'elles forment sont rangées à peu près sur la même ligne que la Cordillère, mais ils ne sont pas également distribués sur toute l'étendue de la chaîne; c'est entre les 18<sup>e</sup> et

Situation  
des mines  
d'argent.

24° de degré de latitude que l'on en trouve le plus grand nombre et les mines les plus productives.

En observant cette position des mines du Mexique, on voit que là, comme dans l'ancien continent, il y a de vastes contrées presque entièrement dépourvues de filons métallifères : jusqu'à présent il n'y a eu aucune exploitation considérable au Sud-Est de Mexico, ni dans le nord de la Nouvelle-Espagne, dans les plaines secondaires du Rio del Norte, dans le Nouveau-Mexique. On peut partager toutes les mines de la Nouvelle-Espagne en huit groupes, qui réunis, ne contiennent pas ensemble plus de 12000 lieues carrées, ce qui n'est guère que la 10<sup>e</sup> partie de la surface du Mexique (1).

En général, les exploitations y sont placées

(1) Nous indiquerons ici ces différens *groupes*, afin que nos lecteurs puissent facilement rechercher sur les cartes les différens points les plus célèbres par leurs exploitations dont nous aurons occasion de parler. Nous suivrons dans cette indication le territoire du Mexique du Sud au Nord.

Cette division des mines du Mexique en *groupes* est entièrement arbitraire ; M. de Humboldt l'a imaginée, avec raison, comme bien plus facile à suivre que la division en 36 districts de mines, que l'on verra dans le §. 21, et qui est établie par le Gouvernement.

1°. *Groupe d'Oaxaca*, dans la province du même nom ; il s'étend depuis 16° 40' jusqu'à 18° de latitude.

2°. *Groupe de Tasco*, dans l'intendance de Mexico, ainsi que les deux suivans. La plupart des mines de ce groupe sont à 20 ou 25 lieues au Sud-Ouest de Mexico, vers la pente occidentale du grand plateau.

3°. *Groupe de la Biscaina*. Il est peu étendu ; mais il comprend les riches exploitations de Pachuca, Real del Monte, Moran. Il est à 20 lieues environ au Nord-Est de Mexico.

4°. *Groupe de Zimapan*. Il est très-rapproché du précé-

à de grandes hauteurs, entre 1800 et 3000 mètr. c'est-à-dire à peu près à la hauteur du grand plateau dont nous avons parlé §. 3, ou très-peu au-dessus de son niveau dans les chaînes qui le partagent. Cette grande élévation est très-avantageuse à la prospérité des mines, en ce que sous cette latitude, on y jouit d'une température moyenne très-douce, très-salubre, et très-favorable à l'agriculture (1).

dent, à 40 lieues environ au Nord-Est de Mexico, vers la pente orientale du plateau.

5°. *Groupe central*. Il comprend les fameux districts de mines de Guanajuato, Catorce, Zacatecas, Sombretete, les plus riches du Mexique, et plusieurs autres. Il s'étend depuis 21° jusqu'à 24° 10' de latitude, sur une largeur entre 102° et 105° 15' de longitude occidentale. Il fait partie de trois intendances, celles de Guanajuato, de San-Luis Potosi et de Zacatecas. La ville de Guanajuato, qui est à l'extrémité Sud de ce groupe, est à environ 60 lieues au Nord-Nord-Ouest de Mexico. Les mines de ce groupe produisent plus de la moitié de tout l'argent du Mexique.

6°. *Groupe de la Nouvelle-Galice*, dans la province de ce nom et l'intendance de Guadalajara. Il est à l'Ouest du précédent, et à environ 100 lieues au Nord-Ouest de Mexico. Il comprend les mines de Bolanos. l'un des districts les plus riches.

7°. *Groupe de Durango et de Sonora*, dans les intendances du même nom. Il est très-étendu. Durango est à 140 lieues au Nord-Nord-Ouest de Mexico. Ses mines sont sur le plateau même. Celles de l'intendance de la Sonora, qui s'étend vers l'Ouest jusqu'à la mer de la Californie, sont sur les pentes occidentales du plateau.

8°. Enfin le *groupe de Chihuahua*, du nom de cette ville, qui est à 100 lieues au Nord de Durango. Il est extrêmement étendu, mais peu productif ; il se termine à 29° 10' de latitude.

(1) Les mines du Pérou sont encore plus élevées ; la région où elles se trouvent surpasse les cimes les plus hautes

Nombre  
des mines.

§. 21. On compte aujourd'hui dans la Nouvelle-Espagne près de 500 endroits ou chefs-lieux célèbres par les exploitations d'argent qui les environnent. Ces chefs-lieux portent le nom de *Reales*.

Ces 500 *Reales* comprennent ensemble environ 3000 mines, en désignant sous ce nom de *mine*, un système de travaux souterrains qui communiquent ensemble. Presque toutes sont des mines d'argent : il y a environ 4 à 5000 filons ou masses exploitées.

Plusieurs *Reales* sont réunis en un seul *arrondissement* ou *district* de mines, dont chacun a son conseil des mines : il y a 36 *arrondissements*. Nous verrons bientôt qu'il s'en faut de beaucoup que tous les *Reales* soient également productifs.

Structure  
des gîtes de  
minerais  
d'argent.

§. 22. M. de Humboldt déclare de nouveau ici, combien il lui est difficile de donner une idée géologique générale des mines d'argent de la Nouvelle-Espagne. Nous allons réunir quelques-unes des indications principales qu'il donne. Les gîtes de minerais sont principalement des *filons* ; les *couches* et *amas* sont rares (1).

En Europe, les exploitations s'exécutent tantôt comme en Saxe, sur une multitude de filons

des Pyrénées ; aussi le climat y est-il très-froid, très-désagréable. Les mines d'argent de Hualgayoc entr'autres, près de la ville de Micuipampa, viennent au jour à 4100 mètres ; cette ville même est à 3618 mètres.

(1) Il y a aussi, comme on l'a dit, des minerais d'or et d'étain d'alluvion.

peu puissans, tantôt comme à Clausthal au Hartz, et à Schemnitz en Hongrie, sur un petit nombre de gîtes, mais d'une puissance extraordinaire.

On trouve ces deux exemples au Mexique ; les trois *arrondissements* les plus riches (*Guanaxuato*, *Zacatecas*, *Real del monte*), n'ont chacun qu'un seul filon principal, sur lequel il y a plusieurs exploitations.

Le filon d'argent de *Guanaxuato* surtout est d'une puissance et d'une étendue extraordinaire. On cite en Saxe le filon dit *halsbrückner spath*, qui a deux mètres de puissance, et 6200 mètres de long. Le filon de *Guanaxuato* a une puissance de 40 à 45 mètres, et il est reconnu et exploité sur une longueur de 12700 mètres.

Nous reviendrons souvent, avec M. de Humboldt, sur ce fameux gîte de minerai d'argent, le plus riche de ceux du Mexique.

§. 23. Les roches qui renferment ces filons métallifères sont principalement des roches primitives et des roches de transition ; mais il en existe aussi, quoique plus rarement, dans les roches secondaires.

Roches qui  
les renferment.

Le filon argentifère de *Guanaxuato* traverse un *schiste argileux* primitif, qui passe au schiste talqueux. Aux mines de *Comanja*, qui sont dans la même intendance, il y a un filon d'argent dans une sienite.

Les porphyres du Mexique sont en général très-riches en filons d'or et d'argent ; le plus souvent ils ne contiennent pas de quartz, mais plutôt de l'amphibole ; beaucoup d'entr'eux ressemblent au *saxum metalliferum* de la Hongrie. Les filons de *zimapan* sont dans un porphyre

à base de grunstein. Le riche filon aurifère de *Villalpando* est dans un autre porphyre où l'amphibole est rare, et dont la pâte se rapproche du phonolite (1).

Parmi les roches de transition, le calcaire est au Mexique la plus riche en minerais d'argent. Cette roche contient, dans le district de *Zimapan*, des amas de galène très-riches.

La grauwacke est aussi très-métallifère. C'est dans cette roche que se trouvent la plupart des riches filons de *Zacatecas*, l'un des districts les plus productifs.

On trouve enfin au Mexique des mines jusque dans les roches secondaires. Les exploitations célèbres du *Real Catorce*, plusieurs autres auprès de *Zimapan*, ont lieu sur des filons qui traversent cette sorte de roche dite *calcaire alpin*. Ce calcaire repose sur un pouding à ciment siliceux, que M. de Humboldt regarde comme la plus ancienne des formations secondaires.

C'est aussi dans la même roche, et dans le *calcaire du Jura*, que se trouvent les fameuses mines de *Tasco* et de *Tehuilotepic*, dans l'intendance de Mexico, sur la pente occidentale de la Cordillère; les filons sont même plus riches dans ces roches que dans le schiste argileux primitif qui leur sert de base.

Il y a donc au Mexique une grande variété de roches contenant des filons métallifères; et il est assez remarquable que dans les trois districts qui sont aujourd'hui du nombre des plus pro-

(1) Il y a aussi à Guanaxuato un filon d'étain dans un porphyre.

ductifs

ductifs en argent, les mines sont dans trois ordres de roches très-différens, Guanaxuato dans le *schiste argileux primitif*, Zacatecas dans la *grauwacke*, et Catorce dans le *calcaire alpin*.

Les géologues remarqueront sans doute ce gisement de minerais d'argent dans le *calcaire alpin*, et surtout dans le *calcaire du Jura*. C'est aussi dans le *calcaire alpin* que se trouvent les mines de Pasco et de Hualgayoc au Pérou; mais le fameux Potosi qui fait partie du royaume de Buenos-Ayres, quoique sur la pente orientale des andes du Pérou, est dans le schiste primitif.

Après avoir fait ces rapprochemens, M. de Humboldt ajoute que *plus on étudie en grand la constitution géologique du globe, et plus on reconnaît qu'il existe à peine une roche qui, dans certaines contrées, n'ait été trouvée éminemment métallifère.*

§. 24. Les minerais d'argent du Mexique sont principalement, de l'*argent sulfuré*, de l'*argent antimonié sulfuré*, de l'*argent noir prismatique* (*sprædglass erz*), de l'*argent muriaté*, et du *cuvrè gris*. Ce sont les espèces minérales qui donnent la plus grande partie de l'argent du Mexique.

L'*argent natif* n'est pas nommé parmi ces mines d'argent, parce qu'il est trop peu abondant au Mexique pour qu'on puisse lui attribuer une partie un peu importante de l'argent obtenu. Cependant il est rare de ne pas trouver de l'argent natif accompagnant l'argent sulfuré. Il y a aussi quelques mines où l'on a trouvé des masses d'argent natif souvent très-considérables; une entr'autres trouvée à Batopilas, dans la Nouvelle-Biscaye (vers le Nord de la Nouvelle-Espagne), pesait 200 kilogrammes.

Volume 29.

H

Nature des  
minerais  
d'argent.

L'argent muriaté, si rare en Europe, est très-abondant dans certaines mines du Mexique. L'argent antimonié sulfuré est aussi quelquefois d'une abondance étonnante.

Outre ces minerais d'argent, il y a des exploitations de ce métal sur des minerais terreux dont la base principale est un oxyde de fer mêlé de parcelles imperceptibles de mines d'argent. C'est le plus ordinairement de l'argent natif, quelquefois de l'argent muriaté, plus rarement de l'argent sulfuré. Ces minerais d'argent portent au Mexique le nom de *colorados*; ils sont de même nature que ceux que l'on appelle *pacos* au Pérou, et qui y sont si abondans.

En général, ces minerais terreux sont propres à la partie des filons voisine de la surface.

Enfin, il y a au Mexique des minerais d'autres métaux qui sont exploités principalement, et quelquefois exclusivement, pour l'argent qu'ils contiennent; tels sont, 1°. *le plomb sulfuré argentifère*: une partie assez considérable de l'argent du Mexique provient de ce genre de minerai. 2°. *Le cuivre sulfuré argentifère*: le plus souvent on ne tire aucun parti du cuivre. 3°. *Le fer sulfuré argentifère*: une grande quantité d'argent provient de ce minerai, qui en certains endroits est très-riche. Il y en a à *Real del monte* qui donne trois marcs d'argent par quintal.

§. 25. On a en Europe des préjugés sur la richesse des minerais du Mexique; on croit communément qu'un quintal de minerai y donne un produit métallique bien plus considérable que celui que l'on obtient des mines d'argent les plus riches de l'Europe. C'est une erreur:

sans doute il y a eu au Mexique des exemples de minerais très-riches; — ainsi l'argent antimonié sulfuré de *Sombrerete* a donné en six mois un produit de 700 mille marcs, sur une exploitation seulement de 30 mètres, ce qui suppose une richesse de minerai étonnante; — ainsi, à Guanaxuato, dans la mine de Valenciana, on avait, en 1791, des minerais qui contenaient jusqu'à 22 marcs 3 onces d'argent par quintal; mais aussi dans cette même mine, on avait en même tems, la même année, des minerais à 9 marcs 3 onces, d'autres à 3 marcs 1 once, et enfin, des minerais à 3 onces; et la proportion entre la quantité relative de ces différentes espèces était telle, que la richesse moyenne de tous les minerais de cette mine, pris ensemble, n'était que de 9 onces  $\frac{1}{5}$  par quintal. Aujourd'hui, dans cette même mine, la richesse moyenne n'est que de 4 onces par quintal.

En cumulant la richesse de tous les minerais du Mexique, ainsi que leur quantité, M. Delhuyar, directeur général des mines de cette contrée, a trouvé que la richesse moyenne n'était que de 3 à 4 onces par quintal, ou de 0,0018 à 0,0025. M. Garcès soutient même qu'elle n'est que de 2°  $\frac{1}{5}$  (1).

Il résulte de cette évaluation que l'énorme

(1) Les mines du Pérou ne sont pas plus riches; le fameux Potosi, dans le royaume de Buenos-Ayres, l'est encore moins; sa richesse moyenne n'est que de 1 once  $\frac{6}{100}$ .

En Saxe les minerais de Annaberg, Johanngéorgénstadt Marienberg, donnent, il est vrai, 10 onces et quelquefois 15 onces, mais ceux de Freyberg ne donnent que 2°  $\frac{3}{10}$ , et la richesse moyenne des minerais d'argent de toute la Saxe, n'est que de 3 à 4 onces.

produit annuel des mines du Mexique est dû bien plutôt à la grande facilité de leur exploitation et à l'abondance des minerais, plutôt qu'à leur richesse intrinsèque.

Produits  
bruts des  
mines d'ar-  
gent du  
Mexique.

§. 26. M. de Humboldt s'est procuré à Mexico, dans les archives de la monnaie, tous les renseignements qu'il pouvait désirer sur le produit des mines, depuis l'année 1690 jusqu'en 1803 (1). Il en résulte que le produit des mines du Mexique a été toujours en augmentant depuis 113 ans. La valeur de l'or et de l'argent extrait dans les dix premières années de 1690 à 1699, a été de 23 millions de francs, année moyenne, et de 1790 à 1799, l'année moyenne a été de 120 millions. Le produit a donc presque sextuplé en 110 ans. L'argent considéré seul a augmenté à peu près dans la même proportion.

Cet énorme accroissement des produits des mines, doit être attribué à un grand nombre de causes qui toutes ont agi à la fois. La découverte de plusieurs mines nouvelles très-riches, telle que celles de *Catorce* et de *Valenciana*, a sans doute contribué à cette augmentation; mais les progrès de l'instruction et de l'industrie nationale, l'accroissement de la population, l'abaissement du prix du mercure, et la liberté du commerce accordée à l'Amérique en 1778, ont eu aussi une grande influence sur la prospérité des mines.

Aujourd'hui, d'après un résultat moyen des produits des dernières années du 18<sup>e</sup> siècle, le

(1) On verra ci-après que tout l'or et l'argent exploité au Mexique, doit être livré à la monnaie, où il est converti en piastres, moyennant un droit.

produit des mines de la Nouvelle-Espagne, abstraction faite des causes accidentelles qui peuvent le diminuer, est de 7000 marcs d'or et de 2,500,000 marcs d'argent, poids de Castille (l'argent au titre des piastres, qui est de 10 deniers 20 grains, ou de 0,903), ou de 2,250,000 marcs de Castille d'argent fin.

Mais il faut ajouter à ce produit celui de l'extraction frauduleuse. M. de Humboldt estime la quantité d'argent ainsi exporté en contrebande à 88,220 marcs de Castille d'argent fin; ainsi le produit annuel des mines de la Nouvelle-Espagne, est donc de 7000 marcs d'or et de 2,338,220 marcs d'argent fin, poids de Castille.

Le marc de Castille vaut  $\frac{141}{100}$  ou 0,93923 du marc de France, ou 0,229881 kilogrammes.

Le produit des mines du Mexique est donc de 6754 marcs d'or et 2,196,126 marcs d'argent fin, poids de France, ou de 1,609 kilogrammes d'or, et 537,512 kilogrammes d'argent fin.

La valeur de ce produit est de 23 millions de piastres ou de 120,750,000 francs, en comptant le kilogramme d'or fin à 3444<sup>l</sup>,4444, et le kilogramme d'argent fin à 222<sup>l</sup>,222 (ce qui revient à 843<sup>l</sup> le marc d'or fin, et à 54<sup>l</sup> 38<sup>e</sup> le marc d'argent fin) (1).

(1) M. de Humboldt, en s'occupant dans un autre chapitre de l'agriculture mexicaine, estime le produit territorial de toute la Nouvelle-Espagne, à une valeur annuelle de 29 millions de piastres, d'après le montant des dîmes et en suivant le prix moyen de chaque espèce de denrées dans le pays. M. de Humboldt tire de ce rapprochement intéressant ce résultat remarquable, que le produit des mines du Mexique, quelque considérable qu'il soit, est cependant presque d'un quart plus faible que le produit territorial.

Variations  
qu'ils éprou-  
vent par la  
guerre.

27. §. On a dit plus haut, que dans cette évaluation on faisait abstraction de toutes les causes accidentelles qui peuvent diminuer le produit des mines; il en est une surtout qui a sur ce produit l'influence la plus fâcheuse, c'est l'interruption du commerce maritime.

En effet, on a vu ci-dessus que le mercure était d'une nécessité indispensable pour traiter les minerais d'or et d'argent, et que cependant le Mexique n'en fournissait que très-peu. On a vu également que les mines de fer étaient autant négligées que celles de mercure, et que l'on préférerait au Mexique, tirer annuellement de l'Europe ces métaux de première nécessité.

Il résulte de cet aveuglement des Mexicains sur leurs véritables intérêts, que lorsque les relations avec l'Europe sont suspendues ou gênées par une guerre maritime, un grand nombre de matières premières, et surtout le fer, l'acier, le mercure, ou manquent tout-à-fait, ou deviennent d'un prix excessif. Dans des circonstances semblables, on a vu le quintal de fer se payer à Mexico 240 francs, le quintal d'acier 1300 francs.

Il n'est pas rare alors de voir de riches propriétaires de mines, ayant en magasin du minerai d'argent pour plusieurs millions, réduits à manquer de tout, faute de pouvoir réaliser toutes leurs richesses.

§. 28. En considérant cette étonnante richesse des mines du Mexique, on aurait tort de croire que toutes les exploitations y sont très-lucratives. Là, comme partout ailleurs, il y a des mines riches et des mines pauvres, même en ne considérant que leur produit brut. Les 19

Richesse  
relative des  
différentes  
mines.

vingtièmes des mines du Mexique ne fournissent pas par an ensemble plus de 200 mille marcs d'argent, c'est-à-dire, tout au plus un douzième du produit total indiqué plus haut. Les trois districts de *Guanaxuato*, *Catorce*, *Zacatecas*, fournissent à eux seuls plus de la moitié du tout, et le seul filon de Guanaxuain; produit près du quart de tout l'argent Mexicain; enfin, la mine de *Valenciana*, l'une de celles qui sont exploitées sur ce fameux filon, produit chaque année plus de huit millions de francs.

Il en est de même en Saxe; tout l'argent extrait annuellement des mines de cette contrée monte à 60 mille marcs, et cependant le petit district de *Freyberg* en fournit à lui seul 50 mille; et parmi les nombreuses mines de ce même district, celle d'*Himmelfurst* seule produit 10 mille marcs.

§. 29. On sent bien que M. de Humboldt n'a pas pu se procurer les données nécessaires pour établir d'une manière fixe quelques idées générales sur le produit net des mines.

Bénéfices  
que l'on re-  
tire des mi-  
nes du  
Mexique.

Sans doute, d'après ce qui a été dit de la puissance de certains filons, de la richesse de quelques minerais, plusieurs exploitans ont dû faire des fortunes colossales; ainsi les propriétaires de la mine de *Valenciana*, district de *Guanaxuato*, d'abord peu fortunés, sont devenus en dix années les plus riches particuliers du Mexique, et peut-être du globe; et ce qui est encore plus extraordinaire, les produits nets de cette fameuse mine n'ont jamais été depuis 40 ans, époque de sa découverte, au-dessous de 2 à 3 millions de francs; stabilité surprenante, dont on trouverait difficilement un second

exemple dans l'histoire des mines, du moins pour un bénéfice aussi considérable. — Ainsi le comte de Regla retira, en douze ans, un produit net de plus de 25 millions de francs du filon de la *Biscaina*, dans le district de *Real del monte*; — ainsi, la fameuse mine *la Purissima*, dans le district de *Catorce*, a donné en 1796 un produit de plus de 6 millions dont seulement un quinzième en frais; — celle de *Padreflores*, dans le même district, produisit dans la première année de son exploitation plus de 8 millions... Nous pourrions rappeler encore ce que nous avons cité plus haut (§. 25) des mines de Sombrerete, où une exploitation de 30 mètres seulement a produit, sur le filon *la Veta Negra*, 700 mille marcs. etc.

Mais d'un autre côté, nous avons déjà vu que les 19 vingtièmes des mines ne fournissent que le douzième du produit annuel du Mexique en argent; en outre, dans plusieurs des mines riches, les produits éprouvent des variations, soit par la moindre abondance du minerais, soit par sa moindre richesse; enfin, les procédés d'exploitation et le traitement métallurgique sont, comme on va le voir, si imparfaits et si peu économiques au Mexique, que mille causes peuvent augmenter les frais d'une mine d'une manière effrayante, et absorber alors tous ses énormes bénéfices.

Aussi y a-t-il fréquemment au Mexique des exemples terribles de ces vicissitudes de la fortune. M. de Humboldt cite entr'autres un Français, *Joseph de Laborde* qui, venu très-pauvre au Mexique, avait gagné en 1743 des richesses immenses dans les mines de *Tasco*. Mais la

décadence rapide de ces mines le réduisit en peu d'années à la dernière misère; il demanda et obtint de l'archevêque la permission de vendre à son profit un soleil d'or enrichi de diamans, qu'il avait donné à l'église de *Tasco*, construite à ses frais. Avec le produit de cette vente, qui s'éleva à 525 mille francs, il reprit l'exploitation de quelques mines abandonnées dans le district de *Zacatecas*; il n'eut d'abord aucun succès, il perdit presque toutes ses avances; mais enfin au moment où il se croyait tout-à-fait sans ressources, il gagna une seconde fois des richesses considérables, et laissa à sa mort une fortune de près de 3 millions.

Ces variations dans le produit des exploitations les plus riches comparé au grand nombre des mines exploitées au Mexique, font voir que malgré la richesse extraordinaire des mines de cette contrée, l'exploitation souterraine y est, comme partout ailleurs, une entreprise hasardeuse, sujette à beaucoup de chances défavorables.

#### CHAP. IV. *Travaux d'exploitation.*

§. 30. L'art de l'exploitation des mines est encore bien peu avancé au Mexique. « On est » surpris, dit M. de Humboldt, de trouver » encore dans son enfance un art qui est pratiqué en Amérique depuis près de trois siècles, » et duquel, d'après un préjugé vulgaire, dépend » la prospérité de ces colonies. Les causes de » ce phénomène ne peuvent pas échapper à » ceux qui après avoir visité la France, l'Espagne et la partie occidentale de l'Allemagne,

L'exploitation mexicaine est encore très-imparfaite.

» ont vu qu'au centre de l'Europe civilisée, il  
 » existe encore des pays de montagnes dans  
 » lesquels les travaux des mines se ressentent  
 » de la Barbarie du moyen âge. *L'art du mi-  
 » neur ne peut faire des progrès là où les mi-  
 » nes sont dispersées sur une grande étendue  
 » de terrain, là où le Gouvernement laisse aux  
 » propriétaires la pleine liberté de diriger les  
 » travaux à leur gré, et d'arracher les mine-  
 » rais du sein de la terre sans penser à l'a-  
 » venir* ».

Lors des premiers établissemens des Espa-  
 gnols au Mexique, au seizième siècle, ils y  
 propagèrent rapidement le peu de connais-  
 sances qu'on avait alors en Europe, sur l'art de  
 l'exploitation et la métallurgie ; mais depuis  
 cette époque, l'art des mines n'y a fait pres-  
 qu'aucun progrès, si on en excepte l'introduc-  
 tion du *tirage à la poudre*.

Cependant les deux derniers Rois d'Espagne  
 ont montré le désir le plus louable de faire  
 participer les Colonies à tous les perfection-  
 nemens que les arts et les sciences ont reçus en  
 Europe, et surtout l'art des mines. Ils ont en-  
 voyé à leurs frais des mineurs allemands au  
 Pérou, au Mexique ; mais leurs lumières n'ont  
 pu être utiles : « *Parce que les mines du Mexi-  
 » que sont regardées comme une propriété  
 » des particuliers qui en dirigent les travaux,  
 » sans permettre que le Gouvernement y exerce  
 » la moindre influence* ».

Nous allons parcourir rapidement, avec M. de  
 Humboldt, les défauts principaux que l'on ob-  
 serve dans l'exploitation des mines du Mexi-  
 que.

§. 31. Il n'existe *aucun plan des ouvrages*,  
 de sorte que deux galeries peuvent être très-  
 voisines sans qu'on le sache, et que l'on n'a  
 aucune règle sûre, soit pour opérer des com-  
 munications, soit pour diriger une galerie  
 nouvelle sur un point reconnu comme très-  
 riche en minerai. 250 mineurs périrent en  
 1780 à Guanaxuato, parce qu'on s'avança im-  
 prudemment vers des travaux inondés dont on  
 se croyait encore très-éloigné.

Il n'existe dans la plupart des mines *au-  
 cune communication entre les ouvrages*. C'est  
 ici un des plus grands défauts de l'exploitation  
 mexicaine. « Les mines, dit M. de Humboldt,  
 » ressemblent à de grands édifices mal cons-  
 » truits, dans lesquels pour passer d'une pièce  
 » dans la pièce voisine, il faut faire le tour de  
 » la maison entière ». Elles présentent une réu-  
 nion de petits ouvrages dont chacun n'a qu'une  
 ouverture par en haut, sans aucune commu-  
 nication latérale ; la forme de ces ouvrages est  
 trop irrégulière pour qu'on puisse l'appeler  
*ouvrage à gradins* : la fameuse mine de *Valen-  
 ciana* n'est pas, au moins sous ce rapport,  
 mieux exploitée. — On peut juger des diffi-  
 cultés que doit éprouver le transport du mi-  
 nerai dans des ouvrages de ce genre.

*Les puits et les galeries sont beaucoup trop  
 larges* ; il y a même des galeries de recherches  
 sur des filons stériles qui ont jusqu'à 8 à 9 mè-  
 tre de hauteur!!... On imagine à tort que cette  
 grande hauteur facilite le renouvellement de  
 l'air. On a aussi le préjugé que les galeries de  
 recherches doivent être très-larges, au lieu d'y  
 pratiquer, d'espace en espace, des galeries de

traverse vers le mur ou vers le toit. Aussi ces travaux de recherches étant très-couteux, on ne peut les multiplier autant que la conservation et l'amélioration d'une mine le demande. Il y a des puits obliques qui ont jusqu'à 10 à 12 mètres de large; des puits perpendiculaires qui en ont 8 à 10!!... Ce qui a déterminé de donner aux puits cette énorme dimension, c'est la multiplicité des machines d'extraction et d'épuisement; mais une meilleure combinaison de ces machines aurait permis de diminuer beaucoup ces excavations qui occasionnent des dépenses exorbitantes.

Le *cuvelage des puits* est très-peu soigné; cependant les propriétaires des mines devraient d'autant plus y faire attention, que le bois devient de jour en jour plus rare sur le plateau du Mexique.

Les *muraillemens* en pierre sont en général bien exécutés. Il y a à Valenciana des puits murillés qui peuvent rivaliser avec ce que l'on voit de plus parfait en ce genre à Freyberg et à Schemnitz.

Pour l'*entaille de la roche*, le travail à la *pointerolle* est en général bien exécuté; mais dans le *tirage à la poudre*, sa consommation est d'un tiers trop forte; les trous sont trop profonds (1), et on ne prend pas assez de soin en

(1) Il y en a de 1<sup>m</sup>,26<sup>c</sup>. ou 46 pouces de profondeur, dont le prix ordinaire est de 13 fr. 60 c., d'autres de 29 pouces à 12 fr., de 31 pouces à 10 fr., et enfin les plus petits ont 15 à 16 pouces, et se payent à raison de 4 fr. 60 c. La mine fournit la poudre et les outils. Dans la mine de Valenciana on tire 600 coups de mines à deux hommes en 24 heures.

dépouillant la partie de la roche qui doit céder à l'explosion. On a fait des essais de la nouvelle méthode de M. Bader; on a reconnu qu'elle offrait un grand avantage, mais on ne l'a pas adoptée, parce que la routine a prévalu, et qu'on met peu d'intérêt à tous les perfectionnemens.

§. 32. Le travail des mines est entièrement libre au Mexique. Aucun Indien, aucun Metis ne peut y être forcé; il est faux qu'on y emploie des forçats, quoique cette assertion se trouve répétée dans les ouvrages les plus estimés. Le mineur travaille à la tâche, il gagne par jour de 5 à 6 francs: c'est le mieux payé de tous les mineurs. Ceux de la Saxe ne gagnent que 18 sols par jour, et le haut prix de la journée du mineur au Mexique est d'autant plus remarquable, que la journée des autres ouvriers est infiniment plus faible (1). Mineurs.

Les mineurs mexicains n'ont pas en général la bonne foi que l'on admire dans ceux de l'Allemagne et de la Suède; ils emploient journellement mille ruses pour voler des minerais très-riches, tels que de l'argent natif, de l'argent rouge, et de l'argent muriaté; aussi, d'après la méfiance que leur peu de probité a inspirée, on prend la précaution, lorsqu'ils sortent de la mine, de les fouiller rigoureusement, tous sans exception, et souvent d'une manière fort indécente (2).

(1) M. de Humboldt n'évalue la journée moyenne du cultivateur, sur le plateau du Mexique, qu'à 25 sols; ainsi un mineur gagne au Mexique quatre fois autant qu'un cultivateur.

(2) Comme ils vont presque nus, et que d'ailleurs leurs

Transports  
intérieurs.

§. 33. Le transport du minerai dans l'intérieur se fait à dos d'hommes, ou rarement avec des mulets. On ne connaît point le roulage au chien, et l'on doit convenir qu'il est à peu près impossible de l'introduire dans les mines du Mexique, au moins dans leur état actuel, à cause de la mauvaise disposition des travaux dont nous avons parlé ci-dessus.

Les ouvriers qui transportent le minerai (on leur donne le nom de *tenateros*), le chargent sur leurs dos dans des sacs de fil de pite, avec une couverture de laine dessous pour ne pas se blesser. Leur charge est de 225 à 350 livres. Ils travaillent à la tâche. Dans certaines mines, ils ont à monter et à descendre des milliers de gradins dans des puits inclinés de 45°. Dans celles de *Valenciana* et de *Rayas* ils éprouvent une température de 22 à 25 degrés. On peut juger par-là de leur force musculaire; mais ce travail les fatigue beaucoup et altère leur santé. Malgré cela, l'appât du gain les y retient, car ils peuvent gagner environ 6 francs en travaillant seulement six heures. On peut juger par-là combien le transport intérieur est coûteux, et d'autant plus que l'on est forcé d'entretenir un grand nombre de ces *tenateros*. A *Valenciana*, on compte trois de ces ouvriers contre un mineur

vêtemens sont scrupuleusement visités, ils cherchent à cacher du minerai dans différentes parties de leur corps, dans leurs cheveux, sous leurs aisselles, dans leur bouche, etc. Ils ont même de petits cylindres d'argile nommés *longanas*, qu'ils s'introduisent dans l'anus après les avoir remplis de minerai. Dans la mine de *Valenciana*, la valeur des minerais volés s'est élevée en 14 ans à la somme de 900,000 fr. Une grande partie provenait des *longanas*.

qui fait des trous de mine; leur salaire coûte 15000 francs par semaine. On pourrait diminuer de deux tiers ces frais de transport, en perçant des communications bien entendues, et en disposant les galeries à recevoir le roulage au chien.

On emploie aussi souvent des ouvriers pour porter les maîtres mineurs et autres chefs, dans les visites qu'ils font des travaux. Cet usage a lieu à *Valenciana*: ces hommes portent le nom de *cavallitos* (*petits chevaux*); ils ont une sorte de selle attachée au dos.

L'emploi des mulets pour le transport intérieur du minerai est très-ancien au Mexique, mais trop peu en usage. L'emploi de ces animaux mérite l'attention même des mineurs européens. A *Rayas*, les mulets descendent tous les matins, seuls, sans guide, dans l'obscurité, par des gradins, dans des puits inclinés de 42 à 46 degrés. Chacun d'eux va se placer de lui-même au lieu où il doit être chargé. Dans quelques mines ils couchent dans des écuries souterraines, comme cela a lieu en Europe, dans les fameuses mines de sel de *Wieliczka*.

Le contrôle des minerais que les *tenateros* transportent aux places d'assemblage des puits est en général fait avec beaucoup de soin. A *Valenciana*, par exemple, il y a près de chaque place d'assemblage un comptoir ou siègent deux commis, dans une chambre creusée dans le rocher. Lorsque le *tenateros* arrive, deux aides soulèvent sa charge et en estiment le poids. Si l'ouvrier qui est payé à la tâche réclame contre l'estimation, et croit sa charge plus forte, on la pèse dans des balances placées devant le comptoir;

elle est aussitôt enregistrée. Toute cette opération se fait avec beaucoup d'ordre et de célérité.

Extraction  
du minerai  
et des eaux.  
Moteurs.

§. 34. L'extraction du minerai et l'épuisement des eaux sont extrêmement vicieux. Il n'y a point de pompes, point de caisses rectangulaires glissant avec des roulettes contre des solives de conduite.

On emploie des sacs de cuir qui servent à volonté à retirer l'eau et à extraire le minerai. Ils sont formés tantôt d'un seul, tantôt de deux cuirs : ces derniers peuvent contenir 1250 liv. d'eau. Ces sacs frottent contre les parois du puits en montant et en descendant, aussi durent-ils très peu, quelquefois sept à huit jours seulement. Leur prix ordinaire est de 6 francs, et souvent de 8 à 10. On peut juger de l'énorme dépense qu'entraîne leur entretien, surtout dans les mines où les eaux sont abondantes. Il n'y a dans les puits aucune séparation entre les cables et les sacs des différens équipages.

Les moteurs sont des *baritels à chevaux*, qui sont en général mal construits ; on y fait marcher les chevaux beaucoup trop vite (1). Il n'y a point de *roues hydrauliques*, et l'on doit convenir que la rareté de l'eau sur le plateau du Mexique, rend leur emploi impossible dans un grand nombre de mines. La cherté du bois et

(1) Don Salvador Sein, professeur de physique à Mexico, a prouvé dans un Mémoire fort intéressant, sur le mouvement giratoire des machines, que dans les *baritels à chevaux*, le maximum de l'effort a lieu lorsque les chevaux exerçant un effet de 175 livres, marchent avec une vitesse de cinq à six pieds par seconde.

le manque de houille excluent aussi l'introduction des *machines à vapeurs*. On a dernièrement construit des *machines à colonne d'eau*, mais il serait à désirer qu'on les multipliât davantage.

Il y a aussi quelques *galeries d'écoulement*, mais en trop petit nombre et mal dirigées.

Ce qui surtout est véritablement d'une ignorance et d'une ineptie incroyable, c'est que souvent dans les ouvrages d'une moyenne hauteur, au lieu d'arrêter les eaux et de les conduire au puits par le chemin le plus court, on les laisse tomber au fond du puits pour les en extraire ensuite avec une plus grande consommation de force et de tems, et par conséquent à plus grands frais !!!...

§. 35. La *préparation mécanique des minerais* consiste uniquement dans un *triage* et un *bocardage*. On ne connaît point le *lavage à la cuve*, ni les *tables dormantes*, ni celles à *percussion*.

Préparations  
mécaniques.

Les maîtres mineurs font un premier *triage dans la mine* ; le minerai est porté ensuite aux *bancs de triage*, où travaillent des femmes ; de là, il passe sous des *bocards à pilons à sec*. On tamise le minerai broyé au moyen d'un crible qui est un cuir percé de trous. Quelquefois on se contente de ce genre de préparation mécanique ; le schlich qui en provient est d'un grain inégal et grossier, et s'amalgame très-mal ; aussi est-il presqu'exclusivement réservé pour la fonte.

Le plus souvent le schlich qui provient des bocards à sec est passé de nouveau sous des espèces de moulins nommés *arastres* ou *tahonas*,

qui sont assez semblables aux moulins à huile. Le minerai y est broyé sous des meules verticales de porphyre ou de basalte, qui tournent dans un cercle de trois à quatre mètres de diamètre. Chaque machine est munie de quatre meules, et elle broye 3 à 400 kilogrammes de minerai en vingt-quatre heures. On met en mouvement ces machines par l'eau ou par des mulets. La poussière ou farine métallique qui sort de ces moulins est d'une finesse extrême, qui surpasse celle de tous les schlichs les mieux préparés que l'on connaisse en Europe.

Quelquefois le schlich humide qui sort des *arastres* est lavé dans des fosses. Ce lavage n'a pour but que de séparer les parties les plus riches des parties les plus pauvres. Les premières sont destinées à la fonte, les autres à l'amalgamation.

#### CHAP. V. Opérations métallurgiques.

Proportion  
entre les  
minerais li-  
vrés à la  
fonte et à  
l'amalga-  
mation.

§. 36. D'après ce qui vient d'être dit, on voit déjà que les minerais du Mexique sont traités de deux manières, par la *fonte*, et par l'*amalgamation* avec le mercure.

Le rapport entre les quantités de minerais traités par chacune de ces opérations est très-variable, suivant le prix et la rareté du mercure, et suivant le plus ou moins de facilité que l'on a de se procurer du bois. En général, en tems de paix l'amalgamation gagne sur la fonte, qui est assez mal conduite et désavantageuse. En tems de guerre, au contraire, le défaut de mercure forçant de restreindre l'amalgamation, les opérations de fonte se multiplient, et on

s'occupe d'en perfectionner les procédés: d'après les résultats d'un grand nombre d'années, on estime que la quantité d'argent obtenue par la fonte est à celle de l'argent obtenu par l'amalgamation comme 2 est à 7.

Les mineurs mexicains ne paraissent pas suivre des principes bien fixes dans le choix des minerais qu'ils soumettent à la fonte ou à l'amalgamation. On voit fondre dans un district le même genre de minerai, qui ailleurs est réservé pour l'amalgamation. Ainsi, par exemple, les minerais qui contiennent de l'argent muriaté sont tantôt fondus avec du carbonate de soude, tantôt amalgamés à froid ou à chaud, et cette préférence accordée à l'un ou à l'autre procédé, ne dépend pas toujours de la rareté ou de l'abondance du mercure.

Cependant, en général, on juge nécessaire de fondre les minerais maigres très-riches (10 à 12 marcs), le plomb sulfuré argentifère, et les minerais mêlés de zinc ou de cuivre sulfuré.

Au contraire, on préfère amalgamer les *pacos* ou *colorados* (§. 24) dépourvus d'éclat métallique, l'argent sulfuré, antimonié sulfuré et muriaté, l'argent natif, l'argent noir, le cuivre gris très-argentifère, et toutes les mines maigres qui sont très-disséminées dans la gangue.

§. 37. M. de Humboldt n'a pas décrit les procédés que l'on suit au Mexique dans la *fonte des minerais d'argent*, mais il paraît qu'ils sont fondés sur les mêmes procédés que l'on suit en Europe pour la même opération, et qu'ils n'en diffèrent que par une moins grande perfection,

§. 38. Il s'est beaucoup étendu, au contraire,

Fonte.

Procédés  
d'amalga-  
mation.

sur l'amalgamation, autant du moins que le but de son ouvrage pouvait le comporter (1).

Les anciens connaissaient la propriété qu'a le mercure de se combiner à l'or. Il paraît qu'elle était aussi connue des mineurs allemands longtemps avant la découverte de l'Amérique, et qu'ils s'en servaient dans le traitement de minerais aurifères; mais l'emploi du mercure dans le traitement des minerais d'argent, ne date que de l'année 1557. Cette découverte est due à un mineur mexicain, *Bartholome de Medina*.

Ce procédé de Medina, qui consiste à opérer l'amalgamation à froid et à l'air libre sans grillage préliminaire, au moyen d'un mélange de différens sels, est encore aujourd'hui le plus en usage au Mexique. On a inventé depuis quelques méthodes dans lesquelles les mélanges

(1) L'aperçu que donne M. de Humboldt de tous les procédés de l'amalgamation mexicaine; est bien suffisant pour la faire connaître et pour expliquer les phénomènes chimiques qui s'y présentent. Mais ceux qui désireraient de plus grands détails, peuvent consulter un ouvrage allemand intitulé: *Beschreibung der spanischen amalgamation oder verquikkung des in den erzen verborgenen silbers, so wie sie bey den bergwercken in Mexico Gebrauchlich ist; ou Description de l'amalgamation espagnole, ou des procédés pour amalgamer l'argent qui se trouve dans les minerais, tels qu'ils sont pratiqués dans les mines du Mexique*. Gotha 1810.

L'auteur, M. Sonneschmidt, a résidé douze ans au Mexique, il a suivi les travaux des usines d'amalgamation sur une grande variété de minerais, et a pu reconnaître les avantages et les inconvéniens des différentes méthodes. M. de Humboldt témoigne, dans plusieurs endroits de son ouvrage, faire le plus grand cas des lumières de ce minéralogiste.

sont différens, une entr'autres qui exige l'emploi du feu, mais elles sont peu usitées.

§. 39. C'est donc de l'amalgamation à froid (*beneficio por patio*) dont il sera ici question; nous dirons ensuite quelques mots des autres procédés. On verra combien les résultats de l'amalgamation mexicaine diffèrent de ceux de l'amalgamation saxonne et hongroise, inventée en 1786, laquelle est bien plus économique et plus avantageuse sous tous les rapports; mais en même tems on reconnoîtra, avec M. de Humboldt, que l'introduction de la méthode européenne est à peu près impossible au Mexique, si ce n'est dans un petit nombre de mines.

L'atelier d'amalgamation n'est autre chose qu'une grande cour pavée en dalles de pierre.

On y dépose le schlich humide sortant des arastres sans le griller (1). On le range en piles (*montones*), dont chacune contient de 15 à 35 quintaux. On dispose ainsi quarante ou cinquante piles très-près les unes des autres; leur réunion forme un amas circulaire de 20 à 30 mètres de diamètre, sur une épaisseur de 5 à 6 décimètres. Cet amas de minerai est désigné sous le nom de *tourte* (*torta*).

(1) Cependant on fait quelquefois subir un grillage à certains minerais lorsqu'ils sont très-pyriteux. Ce grillage s'opère tantôt à l'air libre, sur des lits de bois comme à *Sombrerete*, tantôt dans des fourneaux à réverbère comme à *Tehuilotepc*. Ces fourneaux ont 12 mètres de longueur; ils sont dépourvus de cheminée, et sont entretenus par deux feux dont les flammes traversent le laboratoire. Mais cette préparation chimique s'exécute très-rarement au Mexique. La quantité de minerai est si grande et le combustible si cher sur le plateau du Mexique, que le grillage devient également difficile et dispendieux.

Méthode  
la plus ordinaire.

Matières  
employées.

§. 40. Les matières que l'on mêle successivement au schlich sont, outre le mercure, le muriate de soude, un sulfate de fer et de cuivre (*magistral*), la chaux, et des cendres végétales.

Le *muriate de soude* que l'on emploie est d'une pureté très-inégale; souvent il est très-mélangé de matières terreuses, aussi la proportion qu'on en mêle au schlich est-elle très-variable.

Le *magistral* se fait au moyen d'un mélange de fer sulfuré et de cuivre pyriteux grillé pendant quelques heures, et refroidi lentement. Ce grillage s'exécute dans des fourneaux à réverbère. On obtient un mélange de sulfate de cuivre et de sulfate de fer. Quelquefois on ajoute du muriate de soude dans l'opération; alors il se forme du sulfate de soude et des muriates de cuivre et de fer. Dans certains endroits, on mêle au *magistral* des terres vitrioliques qui contiennent de l'oxyde de fer au *maximum*, et du sulfate de fer.

La *chaux* s'obtient en calcinant de la pierre calcaire très-pure, et en l'éteignant dans l'eau. Les *cendres* ne servent que pour remplacer de la chaux. Cette substitution a lieu assez rarement.

Marche et  
durée de  
l'opération.

§. 41. On commence d'abord par mêler le muriate de soude au schlich, et on remue la *tourte*. La proportion de sel varie suivant qu'il est plus ou moins pur, et en outre, suivant la nature des minerais, car on croit que certains minerais en exigent davantage. La quantité de sel varie également depuis 2 livres  $\frac{1}{2}$  jusqu'à 20 livres par quintal de schlich.

On laisse reposer le mélange pendant plusieurs

jours, afin que le sel se dissolve et se répartisse également.

Le chef de l'amalgamation (on le nomme *azoguero*) examine ensuite si la masse métallique est *trop chaude* ou *trop froide*; ces expressions indiquent l'état de la masse: elle est *trop chaude*, lorsque les métaux sont dans un état d'*oxydation*, et chargés naturellement, soit de muriate d'argent, soit de sulfures de cuivre et de fer qui se décomposent rapidement à l'air; elle est *trop froide*, lorsqu'elle contient des minerais très-rapprochés de l'état *métallique*, ou des sulfures de plomb et des pyrites qui se décomposent difficilement. Dans le premier cas, on *refroidit* la masse avec de la chaux; dans le second, on la *réchauffe* avec du *magistral*.

Ces expressions de *chaud* et de *froid* dérivent de la température qu'a toujours la masse lorsqu'elle est bien préparée, car il faut alors que, humectée et placée sur la main, elle y cause une sensation de chaleur. Cette élévation de température est due à la combinaison de l'eau avec l'acide sulfurique qui est en excès dans le sulfate.

Après quelques jours de repos, on commence à mêler le *mercure*. La proportion en est déterminée par la quantité d'argent que l'on suppose contenue dans le minerai. Généralement on emploie de 6 à 8 parties de mercure pour une d'argent.

Peu de tems après le mélange du mercure, on ajoute de nouveau à la masse du *magistral*, dans une proportion qui varie de 1 à 7 livres par livre de mercure employé, et qui est encore déterminée suivant la nature des minerais, ou

d'après le langage des *azogueros*, suivant leur température.

Lorsqu'on juge que la masse ou la *tourte* travaille, que l'action chimique commence, ce qu'on reconnaît par la couleur plombée que prend le mercure, alors, pour augmenter le contact des substances et favoriser leur décomposition, on commence à remuer la masse en la faisant fouler soit par des hommes qui marchent pieds nus pendant des journées entières dans ces boues métalliques, soit par des chevaux ou mulets que l'on fait courir en cercle pendant plusieurs heures sur la *tourte*. Ce dernier procédé est bien plus économique, il n'a été introduit qu'en 1783.

Ce foulage de la masse métallique se répète tous les jours (1), jusqu'à ce qu'on juge que l'amalgamation est terminée. Le travail entier d'une *tourte* dure deux, trois, et quelquefois cinq mois (2). Les effets sont très-différens suivant la température atmosphérique. Dans les régions très-élevées du Mexique, l'amalgamation est bien plus lente que dans celles qui sont plus basses et plus chaudes.

Tous les jours l'*azogueros* fait l'essai de la

(1) On ne travaille point la nuit.

(2) M. Sonneschmidt, dans l'ouvrage cité ci-dessus (§. 38, dans la note), affirme que l'amalgamation (*por patio*) ne dure communément que deux mois au plus, et même qu'on l'achève quelquefois en huit jours. Il ajoute, il est vrai, qu'il faut supposer que le *magistral* est de bonne qualité, et que la température de l'air n'est pas trop basse.

M. de Humboldt, qui rapporte cette assertion de M. Sonneschmidt, dans ses *Supplémens* (tom. V, p. 171), ne paraît pas pour cela disposé à changer les résultats que nous rapportons d'après lui.

masse métallique, en en lavant une portion dans une petite auge de bois. S'il juge que la masse est *trop chaude*, il ajoute un peu de *chaux*; s'il la trouve *trop froide*, il ajoute un peu de *magistral*; s'il croit qu'elle travaille trop, ou trop peu, il fait interrompre ou multiplier les foulages. Enfin, il est des cas où il trouve que l'amalgame se forme trop vite, et où il fait ajouter un peu de mercure, quelquefois même du muriate de soude.

Enfin, lorsque par les essais journaliers on reconnaît que l'amalgamation est complète, on enlève la masse métallique et on la jette dans des cuves de bois ou de pierres, dans lesquelles tournent des moulinets de bois garnis d'ailes verticales; ces machines sont très-bien exécutées, et ressemblent à celles employées en Saxe pour laver les résidus de l'amalgamation; les parties terreuses et oxydées sont emportées par un courant d'eau qui traverse les cuves, et l'amalgame reste au fond. On le recueille, et on le presse dans des sacs pour en chasser le mercure excédent; on le place ensuite sous des cloches, où on lui fait subir une distillation qui en extrait le mercure.

§. 42. Dans tout le procédé qui vient d'être décrit, on perd généralement de 1,4 à 1,7 de mercure par chaque partie d'argent que l'on obtient (1). Dans le procédé de l'amalgamation saxonne, la perte en mercure n'est que de 0,2

Quantité de mercure perdu.

(1) Le terme moyen serait 1,55; mais il paraît qu'il serait trop faible, et qu'il est très-rare que l'on ne perde que 1,4. Si on en juge d'après la quantité de mercure que l'on consomme annuellement au Mexique, et qui est de 16,000

par chaque partie d'argent; la perte que l'on éprouve au Mexique est donc *huit fois plus forte* (1).

Frais de l'amalgamation.

§. 43. Les frais d'amalgamation coûtent au Mexique environ 24 pour 100 de la valeur de l'argent extrait, et le prix du mercure perdu forme plus du quart de ces frais (2).

Autres méthodes d'amalgamation.

§. 44. Voici maintenant quelques détails sur les autres méthodes d'amalgamation connues au Mexique.

1°. L'*amalgamation avec du fer*. Elle consiste à mêler de petites plaques de fer avec le mine-

quintaux, comme on le verra ci-après, la perte moyenne serait de 1,66. M. Sonneschmidt évalue cette perte à 10,12, ou 14 onces, par marc d'argent, dont la moyenne serait à peu près 1,5 par chaque partie d'argent, ce qui est d'accord avec M. de Humboldt. Il distingue le mercure *consommé* et le mercure *perdu*; il compte 8 onces de mercure *consommé* et de 3 à 6 onces de mercure *perdu*.

(1) L'avantage de l'amalgamation saxonne sur l'amalgamation mexicaine, est même encore plus grand sous un autre rapport. On a vu ci-dessus qu'au Mexique on ajoutait au plus huit parties de mercure contre une d'argent contenue dans le minerai: la perte moyenne en mercure étant au moins de 1,55 par chaque partie d'argent, elle est donc de plus de 0,193 de la quantité de mercure employé, c'est-à-dire d'environ  $\frac{1}{5}$ .

En Saxe, on ajoute 200 parties de mercure contre une d'argent contenue dans le minerai, et cependant on ne perd que 0,2 de mercure par chaque partie d'argent; la perte en mercure n'est donc que de 0,001 de la quantité employée; c'est-à-dire, qu'elle est 193 fois moindre que celle ci-dessus. On peut juger, d'après cela, de l'imperfection du procédé mexicain et de l'exactitude de l'amalgamation saxonne.

(2) M. Sonneschmidt évalue à 5 à 6 fr., y compris la perte du mercure, les frais d'amalgamation d'un quintal de minerai qui contient trois à quatre onces d'argent. C'est à peu près la même proportion que celle de M. de Humboldt.

rai. Ce métal opère la décomposition du muriate d'argent. Un mineur péruvien, Corso de Leca, découvrit cette méthode en 1586; elle est malheureusement peu en usage au Mexique. On sait que dans l'amalgamation saxonne on mêle aussi de petites rondelles de fer avec le minerai.

2°. L'*amalgamation à chaud* ou par cuisson dans des cuves de cuivre. Alonzo Barba proposa ce procédé en 1590. C'est le même que M. de Born conseilla d'abord en 1786, d'adopter dans les mines de Hongrie. On l'emploie au Mexique pour les mines qui abondent en argent muriaté et en *colorados*. La perte du mercure y est beaucoup moindre que dans l'amalgamation mexicaine ordinaire, l'ébullition tendant à favoriser l'opération, et le cuivre du vaisseau servant à décomposer le muriaté d'argent.

3°. L'*amalgamation avec de l'amalgame déjà formé*. Procédé imaginé en 1676 par Corrosegarra, et peu usité aujourd'hui. On prétend que cet amalgame favorise l'extraction de l'argent, et que la perte du mercure est d'autant moindre, que l'amalgame se dissémine plus difficilement dans la masse.

4°. L'*amalgamation avec le colpa*. Cette méthode n'est autre chose que l'amalgamation ordinaire, dans laquelle, au lieu du *magistral*, on emploie le *colpa*, qui est un mélange naturel de sulfate acide de fer, et d'oxyde de fer au *maximum*, sans sulfate de cuivre. Ce procédé présente une partie des avantages de l'amalgamation par le fer.

§. 45. M. de Humboldt s'est occupé de l'explication des phénomènes qui ont lieu dans l'amalgamation mexicaine. Il a fait, avec M. Gay-

Explication de ce qui se passe dans l'amalgamation ordinaire.

Lussac, plusieurs expériences qui tendent à jeter quelque jour sur cette opération chimique.

Il pense que le *magistral* ou le sulfate acide de fer et de cuivre décompose le muriate de soude, qu'il se forme du sulfate de soude et du muriate d'argent; qu'ensuite ce muriate d'argent est décomposé en partie par le fer mis à nu, et en partie par le mercure. Ce dernier métal s'unit à l'argent désoxydé, tandis que l'acide muriatique se combine avec les autres métaux, tels que le cuivre, le zinc, le fer, l'arsenic, l'antimoine, le plomb, qui sont mêlés à l'argent dans le minéral; il croit que l'addition de la chaux ou des cendres ne sert qu'à empêcher que l'acide sulfurique surabondant n'agisse sur le mercure: toutes ces décompositions sont favorisées par la haute température que la masse métallique éprouve à l'air libre sous le climat du Mexique.

En effet, MM. de Humboldt et Gay-Lussac, en mêlant à froid du sulfure d'argent naturel, du sulfate de fer, du muriate de soude et de la chaux, n'ont pu obtenir à la température ordinaire, de muriate d'argent, même au bout d'une semaine, tandis qu'ils en ont obtenu en quelques heures, en exposant la masse à une température de 30 à 34° centigrades.

Ces deux savans ont reconnu aussi qu'en mêlant à froid les mêmes substances avec du mercure, il se forme de l'amalgame, mais qu'il s'en forme bien plus abondamment lorsqu'on ajoute à la masse de la limaille de fer. Ils pensent que dans ce cas, le fer sert, non-seulement à décomposer le muriate d'argent comme dans la

méthode saxonne, mais encore à séparer le soufre de l'argent minéralisé.

De même, si on laisse en contact pendant vingt-quatre heures de l'argent sulfuré et de la limaille de fer, l'argent est tellement mis à nu, qu'en ajoutant du mercure on obtient en quelques minutes une quantité considérable d'amalgame d'argent. Il est probable que l'oxyde de fer au *maximum* qui se trouve dans les *colorados* ou *pacos*, dans des minerais mêlés de pyrites décomposées, dans certaines espèces de *magistral*, et surtout dans le *colpa*, agit d'une manière analogue à la limaille de fer.

Il résulte de ces recherches, que l'emploi du fer perfectionnerait sensiblement le procédé de l'amalgamation. On a proposé depuis long-tems de couvrir le sol de la cour d'amalgamation avec des plaques de fer et de cuivre; on a essayé de faire labourer la *tourte* avec une charrue dont le soc était moitié de fer, moitié de cuivre; mais les mulets ont trop souffert dans ce labourage, les schlichis formant une pâte lourde, épaisse, et peu ductile.

Si les minerais n'étaient que de l'argent sulfuré, la limaille de fer suffirait pour mettre l'argent à nu; mais comme ils contiennent toujours différens métaux, l'emploi simultané du muriate de soude et des sulfates de cuivre et de fer devient nécessaire pour favoriser le dégagement de l'acide muriatique qui forme plusieurs muriates métalliques, dont celui d'argent se décompose ensuite par le contact avec le mercure.

La chaux paraît s'opposer d'une manière remarquable à la combinaison de l'argent et du

mercure, car on obtient très-difficilement de l'amalgame en triturant un mélange de chaux, de mercure, et de sulfure d'argent; de même, si après avoir formé une pâte de minerai d'argent, de *magistral*, de sel et de mercure, et l'avoir triturée jusqu'à faire disparaître le mercure, on vient ensuite à y ajouter de la chaux, on voit bientôt le mercure reparaître en globules partout où des particules de chaux touchent le mélange, et se réunir en masses plus considérables. C'est à cause de cette action particulière, que les *azogueros* disent que la chaux *refroidit* le mercure, parce qu'elle *empêche la tourte de travailler*.

Cause de la perte du mercure.

§. 46. M. de Humboldt attribue l'énorme perte de mercure que l'on éprouve dans l'amalgamation mexicaine, à plusieurs causes.

1°. Une partie de ce métal est oxydée ou même muriatée dans la décomposition du muriate d'argent. Si tout l'argent obtenu était dû à la décomposition de son muriate par le mercure, cette seule cause occasionnerait déjà une perte de 52 parties de mercure pour 100 d'argent obtenu; cette proportion étant celle des oxydations respectives des deux métaux. Mais, comme on l'a vu, la décomposition du muriate d'argent est due à la double action du fer et du mercure; on doit donc croire que la quantité d'oxyde de mercure qui peut se former dans cette décomposition, est bien au-dessous de 52 centièmes de l'argent obtenu.

2°. Une autre partie du mercure, et peut-être la plus considérable, reste disséminée dans la masse immense du schlich en particules si

finies, que par le lavage le plus soigné des résidus, on ne peut les réunir.

3°. Le contact du mercure avec l'eau salée, et l'exposition à l'air et au soleil pendant plusieurs mois, paraît aussi à M. de Humboldt occasionner une perte de ce métal. Il pense que ces amas de mercure et de schlich qui renferment un grand nombre de substances métalliques hétérogènes, et humectées par des dissolutions salines, sont composés d'une infinité de *piles galvaniques*, dont l'action lente, mais prolongée, favorise l'oxydation du mercure et le jeu des affinités chimiques.

§. 47. L'amalgamation mexicaine, telle que nous l'avons décrite, peut servir à retirer tout l'argent contenu dans les minerais qui y sont soumis; mais il faut que l'*azogueros* ait une grande expérience pour la conduire, et surtout pour juger de l'époque où il doit l'arrêter.

Perte d'argent.

A Guanaxuato surtout, les usines sont bien dirigées; on y amalgame avec succès des minerais qui ne contiennent que  $\frac{1}{2}$  d'onces d'argent par quintal. M. Sonneschmidt a essayé des résidus d'amalgamation qui provenaient de minerais contenant 5 à 6 marcs par quintal, et il n'y a trouvé que  $\frac{1}{8}$  d'once d'argent.

Mais d'un autre côté, il y a au Mexique beaucoup d'usines où les procédés sont infiniment moins exacts; à Regla, par exemple, on arrête l'amalgamation beaucoup trop tôt, et les résidus contiennent encore beaucoup d'argent. Il paraît que l'on a fait autrefois de grandes pertes de ce genre dans les usines de la mine de la Biscaina.

Difficulté  
d'introdui-  
re au Mexi-  
que le pro-  
cédé saxon.

§. 48. Le procédé d'amalgamation de Medina, malgré toutes les imperfections que nous lui avons reconnues, a cependant un grand avantage, celui d'être très-simple. Il n'exige pas de construction d'édifices, ni de machines, et il ne consomme point de combustibles; on peut le pratiquer près de la mine même, ou du moins près des bocards et arastres. Mais aussi il est très-lent, et cause une perte énorme de mercure.

Le procédé de Freyberg, au contraire, exige du combustible, des édifices, des machines. Sans doute il est infiniment plus économique; mais le plateau du Mexique manque de combustibles, les courans d'eau y sont rares et peu abondans; comment donc pourrait-on y griller la quantité énorme de minerais qu'on extrait des mines? Il faudrait d'ailleurs créer des forces motrices capables de faire mouvoir le grand nombre de machines qui seraient nécessaires.

Ces considérations forcent de reconnaître que dans la plupart des mines du Mexique, le procédé actuellement en usage est plus approprié aux localités, et qu'il n'en est qu'un petit nombre où il serait possible d'y substituer le procédé saxon. Mais combien de tems ne faudra-t-il pas pour que ce changement partiel puisse s'opérer? Les progrès des lumières sont si lents, l'attachement pour les anciennes routines est si difficile à détruire; et le Gouvernement a si peu d'influence sur les mines, qu'il est à croire que les choses resteront long-tems dans le même état.

Consom-  
mation an-  
nuelle du  
mercure.

§. 49. Les mines du Mexique détruisent chaque année, dans les opérations de l'amalgamation,

tion, la quantité énorme de 16000 quintaux de mercure. Ce métal y est importé de l'Europe, c'est pour cela que le produit des mines est sujet à de grandes variations lors des guerres maritimes qui interrompent ou entravent le commerce.

On pratique aussi l'amalgamation au Pérou, au Chili, et dans le royaume de Buenos-Ayres; la consommation de ces colonies espagnoles, jointe à celle du Mexique, forme une destruction annuelle de 25000 quintaux de mercure, et cependant toutes les mines de mercure de l'Europe n'en produisent par an que 36000 quintaux au plus.

§. 50. Avant l'année 1770, époque où les mines du Mexique étaient bien moins productives, la mine de Huancavelica au Pérou, et celle d'Almaden en Espagne, leur fournissaient du mercure. Depuis l'écroulement des travaux de la mine de Huancavelica, et la diminution des produits de celle d'Almaden, on a commencé à apporter au Mexique du mercure des mines d'Idria en Carniole. Il y a eu des années où on a importé à la Vera-Cruz 12 mille quintaux de ce mercure allemand. Mais en 1800 et 1802 la mine d'Almaden était devenue de nouveau si productive, que son produit annuel était de 20 mille quintaux, et que l'on commençait à espérer de pouvoir se passer du mercure allemand pour l'approvisionnement du Mexique et du Pérou.

Le Gouvernement espagnol s'était réservé le droit exclusif de la vente du mercure, soit espagnol, soit allemand. Il faisait sur cette vente un bénéfice considérable, notamment

Volume 29.

K

D'où se  
tire le  
mercure  
importé au  
Mexique.

23 pour  $\frac{2}{3}$  sur le mercure allemand qu'il vendait moitié en sus du prix du mercure espagnol. Aussi les usines étaient-elles forcées à prendre de l'un et de l'autre dans une certaine proportion qui était plus ou moins favorable, suivant la faveur de certains districts, et suivant la faveur accordée par le vice-roi à certains exploitans.

Le prix du mercure, en calculant sur celui qu'a à présent le mercure espagnol, a baissé graduellement depuis deux siècles : en 1590 le quintal de mercure, à Mexico, se vendait 187 piastres (981 fr.); en 1750 il valait seulement 82 piastres (430 fr.); en 1767, 62 piastres (325 f.); en 1778, 41 piastres (215 fr.).

Cette diminution de prix est d'autant plus remarquable, que la consommation a été au contraire en croissant. M. de Humboldt donne un tableau de cet accroissement d'où il résulte que vers 1762 on ne consommait annuellement que environ les  $\frac{7}{12}$  du mercure qui était nécessaire en 1782.

On a cherché à tirer du mercure de la Chine : on espérait en obtenir annuellement 15000 quintaux, et à 35 piastres le quintal. Mais on ne put s'en procurer qu'une petite quantité, et au prix élevé de 80 piastres ; encore était-il impur et mélangé de beaucoup de plomb. Depuis 1793 on a négligé ce commerce important, et qui pourrait devenir nécessaire.

#### CHAP. VI. *Considérations administratives* (1).

Propriétaires des mines.

§. 51. Toutes les richesses métalliques du Mexique sont entre les mains des particuliers,

(1) Il est presque superflu de prévenir nos lecteurs que tout ce que nous allons dire ici, d'après M. de Humboldt, sur

dont la plus grande partie résident au Mexique ; il n'y en a que très-peu en Europe.

Chaque mine n'appartient généralement qu'à un seul ou à un très-petit nombre d'individus, et non à une société d'actionnaires ; le Gouvernement n'en possède aucune.

Il en est de même dans les autres colonies espagnoles, la mine de mercure de Huancavelica, au Pérou, est la seule qui appartienne au Gouvernement. Il n'est pas même propriétaire des grandes galeries d'écoulement, comme le sont plusieurs souverains de l'Allemagne.

§. 52. Cependant, c'est du Gouvernement que les particuliers reçoivent le droit d'exploiter une mine. Le Roi accorde *la concession* d'une certaine étendue de terrain, sur la direction d'un filon ou d'une couche, à la charge seulement de payer sur l'argent extrait des droits dont il sera parlé ci-après, et en outre, sous la condition de livrer tout l'argent extrait à la monnaie.

Faible autorité du Gouvernement sur les mines.

Au moyen de cette *concession*, chaque propriétaire est maître absolu de conduire les travaux de sa mine. Le Gouvernement ne s'est réservé aucune influence sur les exploitations, et c'est là une des causes les plus importantes des vices que l'on y a remarqués.

§. 53. Cependant il existe au Mexique une autorité publique qui n'a d'action que sur les mines ; elle porte le nom de *Tribunal général du Corps des mineurs*. Ce tribunal a été créé

Tribunal général, École des mines.

L'influence du Gouvernement espagnol sur les mines du Mexique, n'a rapport qu'à l'état où se trouvaient le Mexique et l'Espagne en 1804.

en 1778; il y a aussi dans les provinces 37 *Conseils des mines*, qui dépendent du *Tribunal général*. Les propriétaires des mines d'une province se réunissent, et nomment leurs *représentans* à leur conseil des mines particulier, et parmi les députés des arrondissemens, on en choisit deux qui résident à Mexico, et font partie du *Tribunal général*. Ce tribunal est en outre composé d'un directeur, d'un assesseur, de deux consultants et d'un juge.

Il dirige une *Ecole des mines* qui est établie à Mexico, et où l'instruction se donne gratuitement. Les élèves qui en sortent sont répartis par le tribunal entre les différens districts.

Ce *Tribunal général* est un corps très-éclairé, les professeurs de l'Ecole des mines sont très-instruits; ils connaissent bien tous les défauts qui existent dans l'exploitation et dans l'amalgamation mexicaine, mais ils n'ont aucune autorité pour forcer les exploitans à des changemens et à des améliorations.

Il existe cependant un Code des mines mexicaines, dont les principales dispositions sont basées sur les mêmes principes que les réglemens des mines de l'Allemagne: mais ce Code n'est point en activité; il en résulte que le tribunal général et les conseils provinciaux n'ont qu'un fantôme d'autorité. Les élèves des mines répartis dans les districts, n'ont d'autre droit que celui de visiter les mines, et leurs fonctions se bornent à adresser au tribunal des rapports sur l'état des exploitations.

En général, on voit que cette institution n'est autre chose qu'un *système représentatif*, une

sorte de *syndicat* du corps des mineurs, dont l'influence se borne à réunir toutes les connaissances qui tendent aux progrès de l'art, à les propager et à favoriser les améliorations autant que cela est possible, à décider les affaires contentieuses relatives aux mines, à faire au vice-roi des rapports sur l'état plus ou moins florissant, tant des mines de chaque district que de celles de toute la colonie; enfin à soutenir auprès du Gouvernement les intérêts des mines, et à solliciter de lui les différentes mesures fiscales, commerciales et administratives, tendantes à accroître la prospérité des mines.

On ne peut nier cependant que cette institution n'ait de grands avantages; elle entretient parmi les mineurs une sorte d'esprit public qui leur fait sentir qu'ils ont des intérêts communs.

Le *Tribunal général* a plus d'un million de francs de revenu annuel affecté sur une partie des droits que le Gouvernement prélève sur le produit des mines. Ce million est destiné aux appointemens des membres du tribunal, à l'entretien de l'Ecole des mines, et le surplus, à donner des secours et avances aux exploitans. Malheureusement ces avances sont données avec plus de largesse que de discernement. D'ailleurs le revenu du tribunal est aujourd'hui beaucoup diminué par les intérêts d'un emprunt qu'il a été obligé de faire pour prêter au Gouvernement quinze millions de francs dans la guerre de 1792 à 1795.

§. 54. Nous avons dit (§. 52) que les concessionnaires n'étaient tenus qu'à verser à la mon-

Impôts sur les mines.

naie tout l'argent extrait de leurs mines, et à payer au Gouvernement certains droits.

Ces droits varient suivant que l'argent est plus ou moins aurifère; mais ils ne sont pas proportionnés à la valeur intrinsèque. Ainsi un lingot non aurifère paye environ  $12\frac{2}{3}$  pour cent de sa valeur, tandis qu'il y a tel lingot aurifère qui paye  $19\frac{2}{3}$  pour cent.

On évalue le produit moyen que ces droits donnent au Gouvernement, à environ  $16\frac{2}{3}$  pour cent de tout l'argent porté à la monnaie, y compris le droit pour frais de monnayage.

D'après les bases énoncées ci-dessus (§. 26), le Mexique rapportant aujourd'hui, non compris l'extraction frauduleuse, 2,500,000 marcs de Castille d'argent (titre de piastres), qui au taux de 8 piastres et demie par marc, feraient 21,250,000 piastres, la valeur des droits du Gouvernement sur l'argent calculés à  $16\frac{2}{3}$  pour cent, s'élèverait à 3,485,000 piastres. Mais M. de Humboldt, d'après différentes considérations, a porté cette somme un peu plus haut; il l'évalue (t. V. p. 6) à 3,516,000 piastres (ou 18,459,000 fr.). Cette légère différence de 31,000 piastres d'avec le premier résultat, suppose les droits de  $16\frac{5}{8}$  pour cent.

Il faut ajouter à cette somme un profit net annuel de 1,500,000 piastres (7,875,000 fr.) dans la fabrication des monnaies, et les bénéfices sur la vente du mercure: ils se sont élevés en 1790 à 536,000 piastres; mais ces derniers bénéfices, qui sont trop considérables relativement à la valeur du mercure, sont peu de chose comparés au produit des droits sur l'argent.

Résumant les trois sommes ci-dessus, savoir:

|                                               |                     |
|-----------------------------------------------|---------------------|
| Droit sur l'argent. . .                       | 3,516,000 piastres. |
| Bénéfice sur la fabrication des monnaies. . . | 1,500,000           |
| Bénéfice sur la vente du mercure. . . . .     | 536,000             |

Total. . . . . 5,552,000 piastres (29,148,000 fr.)

Il résulte que les mines d'or et d'argent du Mexique ont donné au Gouvernement espagnol, au commencement de ce siècle, un produit annuel d'environ *cinq millions et demi de piastres* ou *vingt-neuf millions de francs*.

§. 55. On voit par-là combien il s'en faut que les mines du Mexique soient d'un produit aussi énorme pour le Gouvernement espagnol, qu'on le suppose ordinairement en Europe. Ces faux calculs ont pris leur origine dans les retours de ces riches flottes, de ces *galions* chargés de métaux précieux qui excitaient la cupidité des puissances ennemies de l'Espagne. Mais ces flottes étaient chargées plus encore pour les compagnies commerçantes, qui avaient le privilège exclusif du commerce du Mexique, que pour le Gouvernement.

Aujourd'hui (et depuis 1778) le Gouvernement a supprimé ce monopole, et le commerce du Mexique est entièrement libre. Cette mesure, qui a été si favorable à la prospérité de la colonie, a été également avantageuse aux intérêts du Gouvernement; car il retire aujourd'hui du Mexique plus que le double de ce qu'il en retirait avant 1778. M. de Humboldt évalue, à 8 ou tout au plus à 9 millions de

Quantité de numéraire que le Gouvernement espagnol retire du Mexique.

piastres (47,250,000 francs) (1), la quantité d'argent et d'or que la Cour de Madrid tire aujourd'hui du Mexique; encore une partie de cette somme passe-t-elle dans les autres colonies

(1) Ce revenu net de 8 à 9 millions de piastres est, comme on l'imagine facilement, l'excédent du revenu fiscal de la Nouvelle-Espagne sur l'ensemble des dépenses que nécessitent l'administration, la police et la garde de cette colonie.

Ce revenu fiscal brut a été évalué (en 1803) à 20 millions de piastres (ou 105 millions de francs); il a augmenté progressivement dans le courant du dernier siècle, et surtout depuis 1778, époque de la liberté du commerce.

Les branches principales de ce revenu sont, outre les mines qui rapportent 5 millions et demi de piastres (§. 54), la fabrication exclusive du tabac qui donne un produit net de 4 millions et demi, les douanes qui donnent 3 millions et demi, la capitation qui rapporte plus d'un million, l'impôt sur le pulque ou vin d'Agave, la vente de la poudre, la poste, le timbre, et quelques autres moins importantes, parmi lesquelles on voit figurer pour 45 mille piastres *la ferme du combat des coqs*, et pour 30 mille piastres *la ferme des neiges*, qui est le droit d'aller recueillir de la neige et de la glace sur les hautes cimes ou *nevados* de la Cordillère. M. de Humboldt rappelle que cette ferme des neiges a existé à Paris au commencement du 17<sup>e</sup> siècle.

La défense militaire du pays, moins sur les côtes qui sont naturellement protégées contre une invasion, que dans l'intérieur contre les incursions des Indiens nomades, absorbe le quart du revenu total du Mexique.

Le Mexique ayant 5,887,000 habitans, et produisant un revenu brut de 20 millions de piastres, il résulte que le Gouvernement retire de cette colonie  $3\frac{4}{10}$  (17<sup>fr.</sup>85<sup>c.</sup>) par chaque tête de tout âge, de tout sexe et de toute race. M. Necker évaluait, en 1784, dans l'ancienne France, les contributions à 23<sup>l.</sup>13<sup>s.</sup> par tête.

Mais si au lieu de considérer le revenu brut, on examine le revenu net que le Gouvernement espagnol tire du Mexique, et qui n'est que de 9 millions de piastres au plus, on trouve que cette partie des États du roi d'Espagne ne fournit, pour

espagnoles de l'Amérique, et on n'envoie guères que *six millions de piastres en Europe*.

Les mines donnent, comme nous l'avons dit, un produit annuel en or et argent de 23 millions de piastres; ainsi le Gouvernement n'en enlève qu'un peu plus du tiers: le surplus est employé presque entièrement à solder la balance du commerce.

§. 56. D'après les renseignemens authentiques que M. de Humboldt a recueillis, il paraît

Que devient le surplus des métaux précieux.

les dépenses générales du Gouvernement, qu'une piastre  $\frac{54}{100}$  ou environ 8 francs par individu.

On voit donc qu'il faut rabattre beaucoup des revenus immenses que l'on a souvent supposé que l'Espagne tirait du Mexique. On peut en dire autant de ses autres colonies, qui toutes ensemble sont d'un produit bien inférieur à celui du Mexique.

M. de Humboldt compare le produit de toutes les colonies espagnoles avec le produit des possessions anglaises en Asie: il en résulte que celles-ci produisent encore moins au Gouvernement anglais. Leur revenu net ne s'élève pas au-delà de 3,400,000 piastres, tandis que leur population est de 32 millions d'habitans. Ainsi le Mexique, avec une population cinq fois moindre, donne un produit net plus que double que les possessions anglaises aux Indes. Il est vrai, comme le remarque M. de Humboldt, que le prix de la journée aux Indes étant cinq fois moindre qu'au Mexique, le produit des impôts doit être moindre dans la même proportion, en les supposant également accumulés de part et d'autres. Au reste, les Indes présentent à l'Angleterre un avantage commercial qui est bien au-dessus du produit net des impôts.

Mais c'est assez sortir de notre sujet; nous espérons que nos lecteurs nous pardonneront cette digression. Nous en aurions fait beaucoup de semblables si nous ne nous étions fait une loi, en faisant cet extrait, de nous borner à tout ce que l'intéressant ouvrage de M. de Humboldt renferme de relatif aux mines.

que l'importation annuelle des productions et des marchandises étrangères au Mexique, y compris la contrebande, est aujourd'hui de *20 millions de piastres* ;

L'exportation du Mexique en productions de l'agriculture ou de l'industrie, n'est que de *6 millions de piastres* ;

Le surplus de la valeur de l'importation est donc balancé par une exportation annuelle de *14 millions de piastres* en métaux précieux.

Si à cette somme on ajoute les 8 à 9 millions de piastres exportées pour le Gouvernement, on aura une exportation métallique de 22 à 23 millions de piastres, qui est à peu près égale au produit annuel des mines que l'on a indiqué ci-dessus.

Cependant il paraît qu'il y a annuellement au Mexique une légère accumulation de numéraire ; mais elle ne peut pas être au-delà d'un million de piastres.

§. 57. La prospérité actuelle de la colonie dépend donc essentiellement de la prospérité des mines. Cependant elles n'ont pas arrêté les progrès de l'agriculture et de l'industrie autant qu'on pourrait le croire. Sans doute les capitaux que l'on consacre à des exploitations, et les bras qui y sont employés pourraient être appliqués à de nouveaux défrichements ; mais aussi l'existence d'une exploitation nouvelle vivifie tout le pays qui l'environne ; on voit s'élever à l'entour, des villes populeuses et de riches cultures, qui subsistent même après que l'appauvrissement de la mine a fait abandonner les travaux et a transporté les mineurs dans une autre contrée.

Influence  
des mines  
sur la prospérité  
du  
pays.

M. de Humboldt croit donc que les mines ont accéléré plutôt que retardé les progrès de l'agriculture et de l'industrie au Mexique. Il a observé que les pays où les campagnes sont mieux cultivées, et où l'industrie manufacturière est la plus active, sont précisément ceux qui renferment les mines les plus riches. Il est fâcheux cependant que la Colonie ne puisse fournir à ses besoins et à son luxe que par le produit de ses mines qui peut, comme nous l'avons déjà vu, souffrir de grandes diminutions par les guerres maritimes. Sans doute l'expérience éclairera les Mexicains sur leurs véritables intérêts, et leur apprendra par la suite à extraire de leur propre sol, le fer, l'acier, le mercure nécessaire à l'exploitation de leurs mines d'argent. (Voy. ci-dessus, §. 11 à 15 et 27).

§. 58. Nous avons vu que le produit annuel des mines du Mexique a sextuplé dans le cours du dernier siècle. M. de Humboldt ne craint pas d'avancer qu'il est très-probable que *ce produit déjà si considérable, bien loin d'avoir atteint son maximum, doit au contraire continuer d'augmenter.*

Etat futur  
des mines.

Il se fonde sur une multitude de considérations puissantes. La chaîne des andes est si étendue, et les minerais d'argent y sont en général si abondans, qu'on doit croire qu'il y a encore beaucoup de points qui ont échappé aux recherches des mineurs ; il y a même des gîtes de minerais connus, qui n'ont été que superficiellement exploités. On doit donc espérer de voir naître par la suite, des exploitations nouvelles ; et cela est d'autant plus probable, que la découverte des mines aujourd'hui les

plus productives, ne remonte qu'à quarante ou cinquante ans, quoique les Espagnols soient depuis trois siècles paisibles possesseurs de toute la Nouvelle-Espagne.

En outre, il est hors de doute que les vices que nous avons fait remarquer dans la conduite des exploitations au Mexique, doivent occasionner des variations non-seulement dans les produits nets, mais encore dans les produits bruts des mines, et que souvent ils ont été la seule cause de l'abandon de certaines mines qui, mieux exploitées, pourraient par la suite redevenir lucratives.

Ainsi, outre l'espérance que l'on peut avoir de découvrir de nouveaux gîtes de minerais, il est certain que les mines qui sont aujourd'hui exploitées, pourraient devenir plus productives, et que celles qui sont abandonnées pourraient être reprises avec bénéfice, si les Mexicains apprenaient enfin à diriger leurs exploitations avec cette intelligence et cette économie sage qui distingue les mines de Saxe, et surtout, si en cherchant à tirer de leur sol les matières premières que nécessitent ces travaux, et que l'Europe leur fournit à des prix très-élevés, ils s'affranchissaient du tribut que lève sur eux l'avidité des négocians, et de la dépendance où ils sont aujourd'hui pour réaliser leurs richesses minérales.

(La fin de cet extrait paraîtra dans un des prochains Numéros.)

## TABLE DES MATIÈRES

### *Des six premiers chapitres de la Notice sur les Mines du Mexique.*

#### CHAP. I<sup>er</sup>. *Idée générale de la constitution minérale du Mexique.*

|       |                                           |         |
|-------|-------------------------------------------|---------|
| §. 1. | Limites du Mexique.                       | Page 90 |
| §. 2. | Structure du sol. Hauteurs.               | 91      |
| §. 3. | Grand plateau très-élevé.                 | 92      |
| §. 4. | Nature des principales roches en général. | 95      |
| §. 5. | Volcans.                                  | 97      |
| §. 6. | Volcan de Jorullo.                        | 98      |

#### CHAP. II. *Des Mines du Mexique en général.*

|        |                                                            |              |
|--------|------------------------------------------------------------|--------------|
| §. 7.  | Anciennes exploitations.                                   | 99           |
| §. 8.  | On s'occupe aujourd'hui principalement des mines d'argent. | 100          |
| §. 9.  | Autres métaux, etc. qui se trouvent au Mexique.            | 101          |
| §. 10. | Mines d'or.                                                | <i>ibid.</i> |
| §. 11. | Mines de mercure.                                          | 102          |
| §. 12. | Mines de cuivre.                                           | 103          |
| §. 13. | Mines de plomb.                                            | <i>ibid.</i> |
| §. 14. | Mines de fer.                                              | <i>ibid.</i> |
| §. 15. | Mines d'étain.                                             | 104          |
| §. 16. | Autres métaux.                                             | <i>ibid.</i> |
| §. 17. | Mines de houille.                                          | 105          |
| §. 18. | Muriate de soude.                                          | <i>ibid.</i> |
| §. 19. | Carbonate de soude.                                        | 106          |

#### CHAP. III. *Des Mines d'argent.*

|        |                                            |              |
|--------|--------------------------------------------|--------------|
| §. 20. | Situation des mines d'argent.              | 107          |
| §. 21. | Nombre des mines.                          | 110          |
| §. 22. | Structure des gîtes de minerais d'argent.  | <i>ibid.</i> |
| §. 23. | Roches qui les renferment.                 | 111          |
| §. 24. | Nature des minerais d'argent.              | 113          |
| §. 25. | Richesse des minerais.                     | 114          |
| §. 26. | Produits bruts annuels des mines.          | 116          |
| §. 27. | Variations qu'ils éprouvent par la guerre. | 118          |

- §. 28. Richesse relative des différentes mines. Page 118  
 §. 29. Bénéfices que l'on retire des mines. 119

CHAP. IV. *Travaux d'exploitation.*

- §. 30. L'exploitation mexicaine est encore très-imparfaite. 121  
 §. 31. Travaux souterrains. 123  
 §. 32. Mineurs. 125  
 §. 33. Transports intérieurs. 126  
 §. 34. Extraction du minerai et des eaux. Moteurs. 128  
 §. 35. Préparations mécaniques. 129

CHAP. V. *Opérations métallurgiques.*

- §. 36. Proportion entre les minerais livrés à la fonte et à l'amalgamation. 130  
 §. 37. Fonte. 131  
 §. 38. Procédés d'amalgamation. *ibid.*  
 §. 39. Méthode la plus ordinaire. 133  
 §. 40. Matières employées. 134  
 §. 41. Marche et durée de l'opération. *ibid.*  
 §. 42. Quantité de mercure perdu. 137  
 §. 43. Frais de l'amalgamation. 138  
 §. 44. Autres méthodes d'amalgamation. *ibid.*  
 §. 45. Explication de ce qui se passe dans l'amalgamation ordinaire. 139  
 §. 46. Causes de la perte du mercure. 142  
 §. 47. Perte d'argent. 143  
 §. 48. Difficulté d'introduire au Mexique le procédé saxon. 144  
 §. 49. Consommation annuelle de mercure au Mexique. *ibid.*  
 §. 50. D'où se tire le mercure importé au Mexique. 145

CHAP. VI. *Considérations administratives.*

- §. 51. Propriétaires des mines. 146  
 §. 52. Faible autorité du Gouvernement sur les mines. 147  
 §. 53. Tribunal général des mines. Ecole des mines. *ibid.*  
 §. 54. Impôts sur les mines. 149  
 §. 55. Quantité de numéraire que le Gouvernement espagnol retire du Mexique. 151  
 §. 56. Que devient le surplus des métaux précieux. 153  
 §. 57. Influence des mines sur la prospérité du pays. 154  
 §. 58. Etat futur des mines. 155

*Fin de la Table.*

## EXTRAIT DE LA CORRESPONDANCE.

*Extrait d'une Lettre de M. DE BOURNON, à M. GILLET-LAUMONT, Inspecteur-général au Corps impérial des Mines.*

..... IL a été vendu à Edimbourg plusieurs gros morceaux de minéraux, dont la plupart venaient du Groënland. Ces minéraux, qui ont été achetés par M. Allen, avaient été apportés par un vaisseau danois, qui fut pris il y a environ trois ans. Parmi les minéraux dont il s'agit se trouvaient deux morceaux de cryolithe (alumine fluatée alcaline) et deux nouvelles substances minérales qui viennent d'être analysées par le docteur Thompson. Ce savant a donné à l'une de ces substances le nom de *sodalite* et à l'autre celui d'*allonite*.

*Cryolithe.*

L'un des deux morceaux dont je viens de parler était très-gros. La cryolithe dans l'autre morceau (comme dans un échantillon très-beau, de la même substance, que je possède), était accompagnée de beaucoup d'oxyde de fer, de fer spathique, de cuivre pyriteux, de plomb sulfuré et de quartz. D'après cela il n'est pas douteux, aujourd'hui, que la cryolithe ne soit une substance de filon.

*Sodalite.*

La sodalite est d'un très-beau vert.

Sa forme primitive, que j'ai déterminée moi-même, et qu'on obtient facilement par le clivage, est le dodécaèdre à plans rhombes.

Sa pesanteur spécifique est 2,378.

L'analyse de ce minéral faite par le docteur Thompson, a donné :

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| Silice. . . . .           | 38,00  |
| Alumine. . . . .          | 27,00  |
| Chaux. . . . .            | 2,70   |
| Oxyde de fer. . . . .     | 1,00   |
| Soude. . . . .            | 23,50  |
| Acide muriatique. . . . . | 3,00   |
| Matière volatile. . . . . | 2,10   |
| Perte. . . . .            | 2,70   |
|                           | 100,00 |

*Allonite.*

Cette substance a été regardée pendant long-tems, et par moi-même, comme appartenant à la gadolinite avec laquelle elle ressemble parfaitement. Mais l'analyse qu'en a faite le docteur Thompson prouve qu'elle en est très-différente. Il résulte de cette analyse, que l'allonite contient :

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Silice. . . . .          | 35,40      |
| Alumine. . . . .         | 4,10       |
| Chaux. . . . .           | 9,20       |
| Oxyde de fer. . . . .    | 25,40      |
| Oxyde de cérium. . . . . | 33,90 (1). |

(1) D'après le résultat de ce travail, M. de Drée a pu reconnaître l'allonite parmi des minéraux qu'on lui apportait, ce qui a mis ce savant à portée d'acheter un très-beau morceau de cette substance.

---



---

## JOURNAL DES MINES.

---

N<sup>o</sup>. 171. MARS 1811.

---

### AVERTISSEMENT.

Toutes les personnes qui ont participé jusqu'à présent, ou qui voudraient participer par la suite, au *Journal des Mines*, soit par leur correspondance, soit par l'envoi de Mémoires et Ouvrages relatifs à la Minéralogie et aux diverses Sciences qui se rapportent à l'Art des Mines et qui tendent à son perfectionnement, sont invitées à faire parvenir leurs Lettres et Mémoires, sous le couvert de M. le Conseiller d'Etat Directeur-général des Mines, à M. Gillet-Laumont, Inspecteur-général des Mines. Cet Inspecteur est particulièrement chargé, avec M. Tremery, Ingénieur des Mines, du travail à présenter à M. le Directeur-général, sur le choix des Mémoires, soit scientifiques, soit administratifs, qui doivent entrer dans la composition du *Journal des Mines*; et sur tout ce qui concerne la publication de cet Ouvrage.

---



---

### SUR L'ARSENIC SULFURÉ,

Par M. H A Û Y.

L'ARSENIC sulfuré est beaucoup moins connu comme résultat immédiat de la cristallisation naturelle, que comme produit des opérations métallurgiques dans lesquelles le soufre et l'arsenic, après s'être dégagés des mines qui sont l'objet du traitement, se réunissent par leur affinité mutuelle. Ce sont ces opérations qui fournissent tout le réalgar et l'orpiment qui se débitent dans le commerce. Les mêmes substances telles qu'on les trouve dans la nature, où elles

*Volume 29.*

L

sont peu répandues, ont une double origine. Une partie a été produite par la sublimation, à l'aide des feux volcaniques, sous la forme de petits cristaux qui appartiennent communément à l'arsenic sulfuré rouge. L'autre partie dont la formation a eu lieu par la voie humide, présente indifféremment les deux modifications appelées *réalgar* et *orpiment*. Parmi les divers gisemens où on les trouve, les plus remarquables sont les mines de Nagyag et de Kapnick en Transylvanie. L'arsenic sulfuré rouge y existe en cristaux, dont quelques-uns sont d'une forme très-prononcée; et celui qui est jaune, en masses lamelleuses d'un éclat très-vif. On connaît aussi des cristaux de ce dernier, mais ils sont beaucoup plus rares.

Avant d'exposer les résultats qui font l'objet de ce Mémoire, j'indiquerai la limite des connaissances acquises jusqu'à ce jour sur la composition et sur les caractères de l'arsenic sulfuré.

Il paraît que les morceaux soit de réalgar, soit d'orpiment, qui ont été soumis à l'analyse, étaient, en général, de ceux que l'on obtient par des procédés chimiques. Il en faut excepter l'arsenic sulfuré rouge de Pouzole, dont on connaît une analyse faite par Bergmann, et qui indique 90 parties d'arsenic sur 100, et 10 de soufre.

Si l'on compare les autres résultats, soit entre eux, soit avec le précédent, on y trouve une variation sensible dans les quantités relatives des principes composans. Suivant Vestrum, l'orpiment contient 80 parties de soufre sur 100 et 20 d'arsenic, tandis que dans le réalgar, c'est le rapport inverse qui a lieu. M. Thenard a trouvé

pour l'orpiment 57 parties d'arsenic et 43 de soufre, et pour le réalgar, 75 d'arsenic et 25 de soufre. Enfin, M. Klaproth, dans des expériences citées à la suite du tableau minéralogique de M. Karsten (1), a obtenu les résultats suivans: pour le réalgar, arsenic 61, soufre 38, perte 1; et pour l'orpiment, arsenic 68, soufre 30,5, perte 1,5.

Maintenant, si nous nous bornons à considérer les résultats obtenus par MM. Klaproth et Thenard, et si, pour mieux les comparer, nous les exprimons en nombres approximatifs, nous aurons les rapports ci-joints, entre les quantités d'arsenic et de soufre.

## ORPIMENT.

Klaproth,  $\frac{2}{3}$ ; Thenard,  $\frac{4}{5}$ .

## RÉALGAR.

Klaproth,  $\frac{5}{3}$ ; Thenard,  $\frac{2}{3}$ .

On voit par ce tableau, que chacune des deux substances a conduit les deux chimistes à des rapports très-différens entre les quantités des principes composans; et telles sont les anomalies qui résultent de cette diversité, que selon M. Klaproth, le rapport entre la quantité de soufre et celle d'arsenic est sensiblement plus grand dans l'orpiment que dans le réalgar, tandis que suivant M. Thenard, il est moindre de plus de moitié; en sorte que les plus petites différences se trouvent entre les résultats relatifs aux deux substances.

Ainsi, d'une part, la diversité dont il s'agit est beaucoup plus grande qu'on n'aurait eu lieu

(1) *Mineralogische Tabellen*, p. 101, note 138.

de s'y attendre, dans l'hypothèse où l'orpiment et le réalgar formeraient une seule espèce; et d'une autre part, elle n'est pas propre non plus à indiquer deux points fixes, dans l'hypothèse de deux espèces distinctes.

J'ai pensé que le rapprochement des pesanteurs spécifiques prises sur différens morceaux de l'une et l'autre substance, ne serait pas inutile, relativement à la question présente. Brisson indique 3,338 pour le réalgar; mais il ne dit pas si le morceau pesé était un produit de la nature. M. Karsten, qui très-probablement a opéré sur un morceau naturel, a trouvé 3,334, résultat très-voisin de celui de Brisson. J'ai pesé un échantillon de la même substance, d'un beau rouge mordoré, et fortement translucide, qui probablement était factice, et j'ai obtenu pour résultat 2,823, quantité fort inférieure aux précédentes.

D'un autre côté, la pesanteur spécifique de l'orpiment naturel est, suivant Brisson, de 3,452; je l'ai trouvée de 3,454, c'est-à-dire, sensiblement la même; suivant Kirwan, elle est de 3,435, et suivant Gellert, de 3,521. D'après ces résultats, la pesanteur spécifique de l'orpiment seroit plus forte en général que celle du réalgar. Je reviendrai dans la suite sur cette différence, lorsque je comparerai les deux substances sous le rapport de leurs divers caractères.

Je passe aux indications qui se tirent des formes cristallines. Romé-de-l'Isle, dans son Essai de Cristallographie, publié en 1772, n'a décrit qu'une seule variété d'arsenic sulfuré, qui se rapportait au réalgar, et à laquelle il attribua la forme

d'un prisme hexaèdre, terminé par des sommets dièdres à plans pentagones (1). Les auteurs étrangers qui, depuis cette époque, ont publié des Traités de minéralogie, tels que Widenmann, Emmerling, Estner et Reuss, indiquent pour les formes soit du réalgar, soit de l'orpiment, le prisme rhomboïdal, ou simple, ou modifié, tantôt par deux facettes qui remplacent les bords longitudinaux soit aigus, soit obtus, auquel cas le prisme devient hexaèdre, tantôt par quatre facettes, qui remplacent deux à deux les bords longitudinaux obtus, ce qui rend le prisme octaèdre. Ils disent aussi que le prisme est terminé dans certains cristaux par des sommets dièdres, et dans d'autres par des sommets tétraèdres.

Je me borne à un exposé sommaire de ces descriptions, dont les auteurs paraissent s'être copiés les uns les autres, et qui n'ont pas d'ailleurs le degré de précision nécessaire pour donner une juste idée des formes auxquelles elles se rapportent. Je ne dois pas omettre que les mêmes auteurs ont aussi compris l'octaèdre parmi les variétés de l'arsenic sulfuré, mais sans garantir l'existence de cette forme; ils semblent ne la citer que d'après le baron de Born, qui l'avait indiquée comme une de celles que présentait l'orpiment (2).

La Cristallographie de Romé-de-l'Isle, publiée en 1783, parut un ouvrage tout nouveau, vis-à-vis de l'essai dont j'ai déjà parlé. Il y joignit

(1) Page 314.

(2) Catalog. de la Collection de M<sup>lle</sup>. Eléonore de Raab, t. II, p. 207.

à la description d'une multitude de variétés inconnues jusqu'alors, les indications des angles qu'il avait omises dans le premier ouvrage, et il assigna à plusieurs espèces des formes primitives différentes de celles qu'il avait précédemment adoptées. Or, l'arsenic sulfuré était une de ces substances qui, d'après des observations ultérieures, avaient subi des changemens dans la détermination de leurs formes, en sorte que Romé-de-l'Isle indique pour celle qu'il regardait comme primitive, relativement à ce minéral, un octaèdre rhomboïdal, à pyramides quadrangulaires obtuses, séparées par un prisme plus ou moins long (1), et qui lui paraissait être une modification de celui du soufre. Il décrit plusieurs variétés qui en dérivent, et parmi lesquelles on reconnaît des formes analogues à celles qui ont été citées par les savans étrangers; mais il avoue que la petitesse des cristaux qu'il a observés ne lui a point permis de prendre la mesure de leurs angles.

Pour concevoir le rapprochement que Romé-de-l'Isle avait cru apercevoir entre les formes cristallines de l'arsenic sulfuré et celle du soufre, supposons que la *fig. 1, pl. II*, représente l'octaèdre primitif de cette dernière substance tourné de manière que *D, D'* soit deux des arêtes qui font entre elles un angle de  $133^{\circ} 49'$ , et *C, C'*, deux de celles qui font un angle de  $77^{\circ} 19'$  (2). Si l'on suppose un décroissement par une rangée sur les arêtes *D, D'*, etc., son effet sera de faire naître quatre faces, telles que *n, n'*, *fig. 2*, paral-

(1) Tome III, p. 34.

(2) Voyez le *Traité de Minér.*, t. III, p. 279, Var. 1.

èles à l'axe qui passe par le sommet *A* (*fig. 1*), en sorte que le cristal s'offrira sous la forme d'un octaèdre rhomboïdal, modifié par un prisme intermédiaire entre ses deux pyramides, ce qui revient à l'idée de Romé-de-l'Isle (1). On pourra aussi se représenter le cristal comme un prisme droit rhomboïdal terminé par deux pyramides quadrangulaires obtuses, ce qui est analogue à la manière dont les auteurs étrangers ont décrit les formes de l'arsenic sulfuré. Il est facile ensuite de se faire une idée des modifications que Romé-de-l'Isle et les mêmes auteurs ont indiquées, en supposant des facettes additionnelles à la place des arêtes longitudinales *x, z* (*fig. 2*); et quant au sommet dièdre à plans pentagones observé sur plusieurs cristaux, Romé-de-l'Isle l'attribue à un défaut de symétrie qui provient de ce que deux des faces, telles que *P, P*, de la pyramide tétraèdre, ont pris un tel accroissement aux dépens des deux autres, que celles-ci sont devenues presque nulles, en sorte qu'elles échappent à l'observation (2). Telle était la nouvelle détermination que Romé-de-l'Isle avait substituée à la première, et l'on avait d'autant plus lieu de supposer qu'elle lui était préférable, que l'on n'est pas tenté de croire qu'un observateur très-habile ne revienne sur ses pas que pour s'écarter du véritable but.

L'octaèdre rhomboïdal du soufre contraste tellement avec les formes qui portent le caractère de limite, que l'opinion de Romé-de-l'Isle,

(1) Cette forme existe dans une variété de soufre à laquelle j'ai donné le nom d'*émoussée*, *Traité ibid.* Var. 2.

(2) *Cristallogr.*, t. III, p. 35.

si elle était fondée, tendrait à faire soupçonner que le réalgar, la seule des modifications de l'arsenic sulfuré dont ce savant ait cité des cristaux, n'est autre chose qu'un soufre mélangé d'une quantité d'arsenic susceptible de varier suivant les circonstances. Ce soupçon s'appliquerait surtout au réalgar des volcans, près duquel on trouve quelquefois le soufre pur qui s'est sublimé par la même action du feu, sous la forme de petits octaèdres rhomboïdaux. Enfin, l'opinion dont il s'agit aurait encore en sa faveur l'analogie d'un caractère physique très-remarquable, savoir celui qui se tire de la propriété qu'ont l'arsenic sulfuré et le soufre de devenir électriques, à l'aide du frottement, sans avoir besoin d'être isolés, et d'acquiescer dans ce cas une forte électricité résineuse (1).

N'ayant eu jusqu'alors aucune occasion d'observer des cristaux d'arsenic sulfuré qui eussent des formes prononcées, je m'étais borné à proposer des doutes qui ne pourraient être éclaircis que par une détermination précise de ces formes. Il s'agissait de savoir si l'analogie présumée par Romé-de-l'Isle entre la cristallisation de l'arsenic sulfuré et celle du soufre était réelle, si les cristaux produits par l'action du feu avaient le même type que ceux qui avaient été formés par la voie humide, enfin si l'orpiment et le

(1) Au reste, cette analogie n'aurait de force qu'autant qu'elle serait jointe à celle de la forme, puisque le zinc sulfuré, qui est une espèce toute particulière, manifeste, quoique dans un degré moins sensible, la même propriété, lorsque le morceau soumis à l'expérience jouit d'une belle transparence.

réalgar n'étaient distingués que par des différences accidentelles (1). Les résultats que je vais exposer me paraissent propres à décider ces diverses questions d'une manière définitive.

C'est à M. Monteiro, minéralogiste portugais d'un mérite distingué, que nous sommes redevables des observations qui ont donné naissance à ces résultats. Ce savant ayant examiné avec beaucoup d'attention des cristaux d'arsenic sulfuré rouge de Kapnick, qui faisaient partie de diverses collections, découvrit dans l'aspect de leurs formes l'empreinte évidente d'un prisme rhomboïdal oblique, du genre de ceux qui offrent les formes primitives du pyroxène et de l'amphibole. Il remarqua que ce prisme était modifié par des facettes, dont les unes remplaçaient des angles solides, et les autres des arêtes; et la symétrie qu'offraient ces facettes dans leur distribution en se répétant deux à deux, ou quatre à quatre, sur des parties correspondantes du prisme rhomboïdal, ne permit pas à M. de Monteiro de douter que la forme des cristaux dont il s'agit ne fût le résultat d'un système tout particulier de cristallisation. Cette vue, qui annonce dans son auteur autant de sagacité que de connaissances en cristallographie, suffisait seule pour prouver que les formes de l'arsenic sulfuré étaient essentiellement distinguées de celles du soufre.

M. Chierici, savant minéralogiste italien, qui possédait un groupe de très-beaux cristaux de réalgar de Kapnick, ayant bien voulu en enri-

(1) *Tableau comparatif des résultats de la Cristallogr. et de l'Analyse chimique*, etc., pag. 294.

chir ma collection, M. Monteiro me fit part des observations dont ces cristaux lui avoient fourni le sujet, et c'est en partant de ces premières données, que j'ai entrepris de déterminer, à l'aide de la division mécanique et du calcul, les lois auxquelles est soumise la structure des cristaux d'arsenic sulfuré rouge.

La forme primitive de ces cristaux est ce même prisme rhomboïdal dont j'ai dit qu'ils portaient l'empreinte, et qui est représenté *fig. 3*, de manière que *E, E* sont les angle obtus, et *A, O* les angles aigus de la base. Les joints naturels situés parallèlement à ces différentes faces sont très-nets, surtout ceux qui répondent aux bases *P*. Le prisme se sous-divise dans le sens de deux plans qui passent par les diagonales des bases; la division qui répond à la petite diagonale a aussi beaucoup de netteté; l'autre est moins sensible. Ainsi, la molécule intégrante est un prisme triangulaire rectangle à bases scalènes. En essayant d'appliquer la théorie aux formes qui dérivent de ce prisme, j'ai d'abord trouvé qu'il avait une propriété remarquable qui lui est commune avec les noyaux du pyroxène, de l'amphibole, et en général avec tous les prismes quadrangulaires obliques observés jusqu'ici. Elle consiste en ce que si de l'extrémité supérieure *O* de l'arête *H* on mène une ligne à l'extrémité inférieure de l'arête opposée, cette ligne est perpendiculaire sur l'une et l'autre arête, en sorte que sa position sert à limiter la hauteur du prisme, qui représente la molécule soustractive, telle que l'emploie la cristallisation. A l'égard des dimensions respectives de ce prisme, j'ai trouvé que le rapport le plus simple qui con-

duit à des valeurs d'angles sensiblement d'accord avec celles que donnent les mesures mécaniques prises sur les cristaux secondaires, est celui d'après lequel la grande diagonale de la coupe transversale, ou de celle qui coïncide avec un plan perpendiculaire aux arêtes *G, H* et en même tems aux faces *M, M*, est à la petite comme  $\sqrt{15}$  est à  $\sqrt{8}$ , et la perpendiculaire menée du point *O* sur l'extrémité inférieure de l'arête opposée à *H* est à l'une ou l'autre comme  $\sqrt{5}$  à l'unité (1).

Je vais maintenant décrire les différentes variétés que présentent les cristaux dont j'ai parlé.

1. Arsenic sulfuré rouge primitif *P, M* (*fig. 3*). Incidence de *M* sur *M*,  $72^{\text{d}} 18'$ ; de *M* sur le pan de retour,  $107^{\text{d}} 42'$ ; de *P* sur *M*,  $103^{\text{d}} 56'$ ; de *P* sur le pan adjacent à *G* derrière le cristal,  $76^{\text{d}} 4'$ ; de *P* sur l'arête *H*,  $114^{\text{d}} 6'$ . Cette variété a été observée par M. Monteiro, dans la belle collection de M. Brun-Neergaard, savant danois, connu avantageusement par son goût éclairé pour l'histoire naturelle et pour les beaux-arts.

2. Arsenic sulfuré rouge octodécimal (*fig. 4*).

$M^3 H^3 P E B$ . Incidence de *M* sur *l*,  $160^{\text{d}} 32'$ ; *M l P n s*  
de *l* sur *l*,  $111^{\text{d}} 14'$ ; de *P* sur *n*,  $159^{\text{d}} 33'$ ; de *M* sur *n*,  $120^{\text{d}} 30'$ ; de *n* sur la face adjacente à

(1) Si l'on voulait exécuter en bois la forme du prisme dont il s'agit, on pourrait se servir des données suivantes qui sont suffisamment approchées pour la pratique. Incidence de *M* sur *M*,  $72^{\text{d}} \frac{1}{3}$ ; de *A O* sur *H*,  $114^{\text{d}}$ ; *B* ou *D* est à *G* ou *H* comme 3 est à 2.

$M$  derrière le cristal,  $93^{\text{d}} 14'$ ; de  $s$  sur la face parallèle à  $P$ ,  $116^{\text{d}} 24'$ ; de  $M$  sur  $s$ ,  $139^{\text{d}} 40'$  (1).

3. Arsenic sulfuré rouge bis décimal (*fig. 5*).

$G^1 M^3 H^3 P E B$ . Incidence de  $r$  sur  $M$ ,  $143^{\text{d}} 51'$ .  
 $r M l P n s$

Nous avons observé, M. Monteiro et moi, trois autres variétés distinguées des précédentes par des facettes additionnelles trop étroites, pour se prêter aux applications de la théorie. L'une présente les faces  $P$ ,  $M$ ,  $l$ , et en outre des facettes qui remplacent les bords situés entre  $P$  et les pans opposés à  $l$ . La seconde variété offre les faces  $P$ ,  $M$ ,  $l$ ,  $s$ , plus des facettes qui remplacent les angles  $A$  (*fig. 3*) des bases de la forme primitive. La troisième réunit aux faces de la seconde, celles qui dans la première remplacent les bords situés entre  $P$  et les pans parallèles à  $l$ . J'ai pensé qu'il n'était pas indifférent de citer ces diverses facettes additionnelles, comme une nouvelle preuve que le prisme rhomboïdal oblique a été constamment le type vers lequel se sont dirigées les actions symétriques des lois de décroissement, dans la production des variétés de l'arsenic sulfuré rouge.

La détermination exacte des formes des cris-

(1) La petitesse des facettes  $s$ ,  $s$  sur les cristaux qui ont servi à mes observations, ne m'a permis d'en déterminer les inclinaisons que d'une manière approximative, à l'aide des mesures mécaniques. Elles m'ont paru ne pas différer beau-

coup de celles qui résultent de la loi  $B$ , dont la simplicité offre seule une raison de probabilité en faveur de ces dernières.

taux de Kapnick, qui ont été produits par la voie humide, m'a servi comme de signallement pour démêler les traits du même type, dans les formes beaucoup moins nettes qu'offrent les cristaux volcaniques. En les examinant avec soin, on voit que leur prisme a une ressemblance marquée avec celui des cristaux représentés *fig. 4* et *5*, excepté qu'il est beaucoup plus allongé, à proportion de son épaisseur. Quelques-uns de ces prismes sont terminés par une face unique qui répond à  $P$ . D'autres ont des sommets à deux faces ou davantage, qui paraissent différer par leurs inclinaisons de celles que l'on voit sur les cristaux que j'ai décrits, mais dont les positions, quoiqu'on ne puisse les déterminer par le goniomètre, sont tellement en rapport avec celles des arêtes et des angles de la forme primitive, qu'il n'y a aucun lieu de douter qu'elles ne soient susceptibles d'y être ramenées à l'aide de la théorie. Et ce qui achève de prouver l'identité des cristaux de l'une et l'autre origine, c'est que ceux des volcans offrent des joints naturels situés parallèlement aux pans et aux bases d'un prisme rhomboïdal, et qui sont l'indice d'une forme primitive commune aux deux substances.

Il restait à comparer la cristallisation de l'orpiment avec celle du réalgar; mais je n'avais, pour faire cette comparaison, que des morceaux d'orpiment composés de lames d'un jaune éclatant, tels qu'on en trouve dans la plupart des collections; et quoique j'y eusse aperçu des indices d'une structure analogue à celle du réalgar, mes observations ne m'avaient rien offert d'assez précis pour en déduire un résultat con-

cluant. D'une autre part, les auteurs étrangers citent aussi des cristaux d'orpiment, et les descriptions qu'ils en donnent ne sont, en grande partie, que la répétition de celles qu'ils avaient données des cristaux de réalgar; et quoiqu'ils ajoutent que les formes des uns et des autres sont difficiles à déterminer, on devait croire qu'au moins ils avaient rendu fidèlement l'aspect général des formes, ce qui pouvait faire présumer que ces formes se rapportaient à un type commun (1).

L'extrême rareté des cristaux d'orpiment s'était opposée jusqu'ici au désir que j'avais de m'en procurer, pour être en état de vérifier, par des observations exactes, une analogie qui n'était encore fondée que sur des probabilités. Je suis redevable de ceux qui m'ont procuré cet avantage, à la générosité de M. le docteur Roatsch, qui réunit un goût éclairé pour l'histoire naturelle au mérite très-distingué dont il fait preuve dans l'exercice de sa profession. Je saisis ici l'occasion de lui témoigner ma reconnaissance pour la bonté qu'il a eue de faire en ma faveur le sacrifice du morceau d'orpiment cristallisé de sa collection. La structure et les formes des cristaux que l'on voit sur ce morceau, et dont la couleur est le jaune de miel, rentrent dans celles des variétés de réalgar que

(1) Ces mêmes auteurs citent parmi les teintes de l'orpiment le rouge aurore, qui est en général la couleur du réalgar, et ils n'indiquent pas celle des cristaux d'orpiment qu'ils ont observés, ce qui eût été cependant nécessaire, pour éviter toute équivoque.

j'ai décrites précédemment. Leurs lames composantes ont cette sorte de mollesse et de flexibilité qui distingue en général l'orpiment du réalgar, dont la substance est beaucoup plus cassante; et quant à leur teinte qui tire un peu vers le rouge aurore, que présente les cristaux de réalgar, il y a des morceaux d'orpiment qui la réunissent dans une même lame avec le jaune citrin, en sorte qu'on ne peut plus douter que les molécules intégrantes des deux substances ne soient semblables.

Il résulte de tout ce qui précède, que l'arsenic sulfuré constitue une espèce unique, très-distinguée du soufre, et qui doit être seulement divisée en deux sous-espèces, d'après la diversité des couleurs qu'offrent alternativement ses individus. Quoique cette conséquence ne soit que l'énoncé de l'opinion généralement admise parmi les minéralogistes, j'espère qu'on ne regardera pas comme superflues les recherches que j'ai faites pour la motiver, et qui me paraissent lui imprimer un caractère d'évidence qu'elle n'avait point porté jusqu'alors. On me permettra d'ajouter ici quelques réflexions sur ce sujet, avant de terminer ce Mémoire.

J'ai déjà parlé de la différence de tissu que présentent le réalgar et l'orpiment comparés entre eux. Dans le premier, il est beaucoup plus sensiblement lamelleux que dans l'autre, et les lames sont flexibles sans élasticité. Le réalgar approche davantage de l'état compacte; il n'a aucune flexibilité, et se brise comme les substances qu'on appelle *aigres*. L'éclat de l'orpiment est très-vif et tire sur le nacré; celui du réalgar a moins de vivacité, et participe de l'é-

clat vitreux. A ces différences se joint celle que présente la couleur, et qui est bien tranchée, au moins dans les limites, ce qui est d'autant plus remarquable que la couleur, dans les corps métalliques, est en général caractéristique; et si l'on ajoute que la pesanteur spécifique de l'orpiment a été trouvée jusqu'ici plus forte que celle du réalgar, on aura deux séries de caractères qui paraîtront indiquer la séparation des substances auxquelles ils se rapportent, et l'on aura tout lieu de juger que leur réunion a été suggérée par l'idée qu'étant composées toutes deux de soufre et d'arsenic, elles étaient de la même nature, et que les différences qui résultaient de la comparaison de leurs caractères ne pouvaient être qu'accidentelles. Mais pour que cette réunion portât sur un fondement solide, il eût fallu que les analyses des deux substances eussent indiqué le même rapport entre les quantités relatives de leurs élémens. Or c'est ce qu'on ne peut pas dire de celles qui ont été citées plus haut, et il s'était même établi assez généralement une opinion qui n'était pas favorable au rapprochement dont il s'agit, savoir que le réalgar différait de l'orpiment en ce qu'il contenait une plus grande quantité relative d'arsenic.

Mais aujourd'hui qu'il paraît démontré que les molécules des deux substances ont la même forme, et que cette forme ne ressemble à aucune autre, tous les doutes que l'on aurait pu élever sur leur classification, dans l'état où se trouvait auparavant la science, s'évanouissent, et l'identité de forme semble garantir celle de composition, en sorte que l'on a tout lieu d'attribuer la variation des analyses à la difficulté d'évaluer exactement

exactement les quantités relatives des deux principes, et d'espérer que de nouvelles analyses faites avec la précision convenable offriront un rapport constant entre ces quantités.

Cette présomption devient presque une certitude, d'après une ancienne expérience de M. Proust, citée par M. Thomson, dans son Système de Chimie (1). « M. Proust, dit ce sayant célèbre, a prouvé qu'à une chaleur suffisante, l'orpiment se fond, sans émission d'aucun gaz, et qu'en se refroidissant, il prend l'apparence du réalgar. D'où nous devons conclure, ajoute M. Thomson, que c'est aussi bien que cette dernière substance, un sulfure d'arsenic, et que les deux composés ne diffèrent que par leur état d'agrégation, ou que, peut-être, l'orpiment contient une petite portion d'eau, qu'il perd par la fusion ».

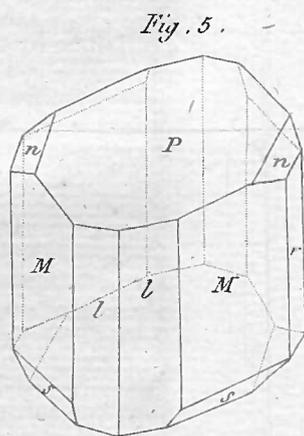
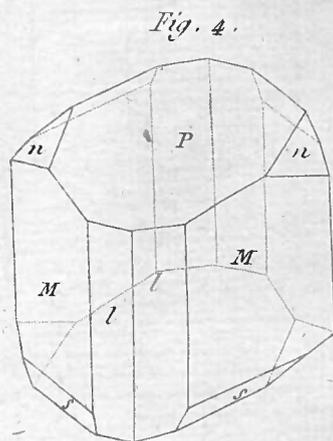
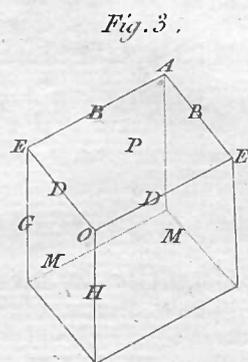
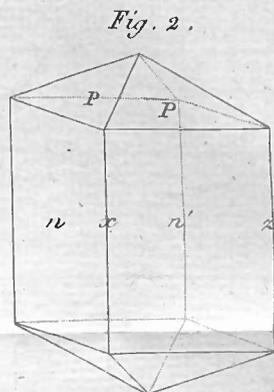
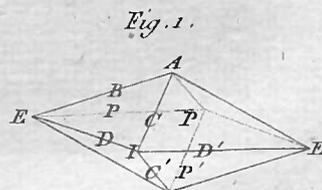
Ainsi, dans le passage de l'orpiment au réalgar, les molécules intégrantes, en conservant leur figure, et en continuant de se tourner les unes vers les autres par les mêmes *latūs* d'affinité, subissent seulement une variation dans leur mode de rapprochement. Il en résulte un changement dans le tissu que la masse présente à la lumière, en sorte que la surface, en partant du jaune citrin, passe par le jaune d'or et le jaune orangé, jusqu'à ce qu'elle arrive au rouge aurore, qui est le dernier terme de la série. Si l'on admet la théorie de Newton, sur la coloration des corps, il faudra concevoir que les particules réfléchissantes augmentent en épaisseur,

(1) Traduction française, t. I, p. 471.

à mesure que la substance se rapproche du réalgar, puisque le jaune, l'orangé et le rouge répondent successivement à des parties toujours plus épaisses de la lame d'air comprise entre les deux verres que l'on emploie, pour produire le phénomène des anneaux colorés, cette lame étant comme le terme de comparaison auquel se rapportent tous les effets de la lumière réfléchie par les différens corps de la nature.

## ARSENIC SULFURÉ

Vol. 29. Pl. 2.



Journal des mines, N. 171, mars, 1822.

ARSENIC SULFURE

Fig. 1.

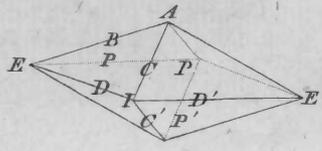


Fig. 2.

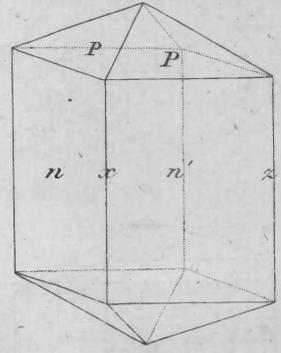


Fig. 3.

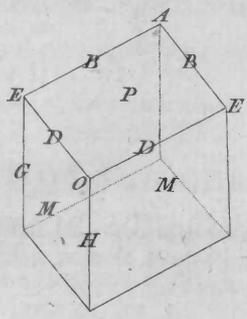


Fig. 4.

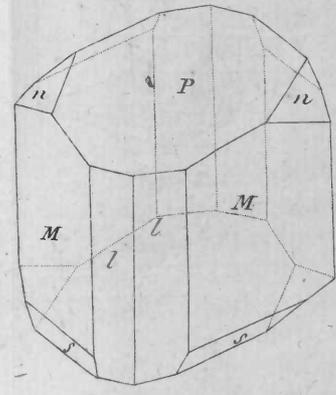
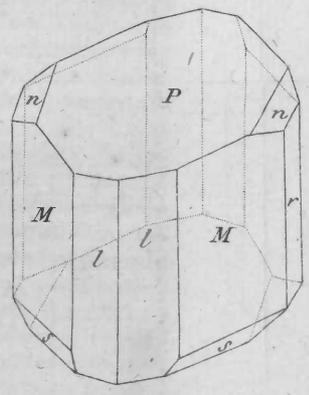


Fig. 5.



S U R L' A R T  
DE FABRIQUER DU FLINT-GLASS  
BON POUR L'OPTIQUE;

Par M. D'ARTIGUES.

DISSERTATION SUR CET ART.

DEPUIS long-tems tous les regards étaient tournés vers la fabrication du flint-glass pour la confection de lunettes achromatiques. Tout le monde s'en occupait, et très-peu de personnes savaient au juste ce dont il s'agissait. Parmi les gens les plus instruits, je dirai même les plus savans, il n'y en avait presque aucun qui appréciait l'immense différence qui existe entre la fabrication d'un verre bon à faire une lunette de spectacle, et les difficultés qu'on rencontre pour obtenir le morceau de flint-glass qui sera propre à fournir une excellente lunette astronomique dans les grandes dimensions.

C'est ce qui a tant de fois donné des facilités aux charlatans pour abuser de la confiance des savans à qui ils présentaient de petits morceaux de flint-glass, et finissaient toujours par demander des *encouragemens* pour en faire davantage. Quoiqu'on y eût été trompé plusieurs fois, et que ceux dont les promesses avaient été le plus pompeuses, eussent été les moins empressés à les remplir quand une fois ils avaient obtenu l'argent qu'ils demandoient, cependant le besoin de trouver en France une matière qu'on ne pouvait plus faire venir d'Angleterre, augmentait tous les jours le désir des savans et de tous les bons Français, de voir enfin quelqu'un faire du flint-glass propre à la fabrication des lunettes achromatiques, même dans les grandes dimensions, pour l'astronomie.

Je ne veux pas remonter à des époques anciennes et citer les personnes qui ont obtenu des prix et des encouragemens plus ou moins considérables, pour avoir offert quelques morceaux d'un verre dense, dont on ne s'est jamais

servi dans l'optique. Mon intention est de parler seulement des efforts faits, à l'époque où nous vivons, pour parvenir à la fabrication d'un bon flint-glass, et d'enseigner les moyens inconnus jusqu'à présent pour y arriver.

Par la dissertation que j'offre ici, on verra qu'il n'y avait qu'un fabricant de cristal qui pût y réussir. Tout autre qui travaille à faire du flint-glass pour l'optique, court à sa ruine, et s'abuse lui-même, ou cherche à tromper les autres. Mais la fabrication du flint-glass pour l'optique n'offre pas assez d'importance au manufacturier même, pour l'engager à des essais toujours dispendieux, parce qu'ils dérangent des travaux, dont le premier avantage est d'avoir une marche constante et régulière. La consommation du flint-glass pour l'optique ne s'élève certainement pas tous les ans à cinq cents kilogrammes pour toute la France. Dans les premiers momens cela pourrait aller plus haut; mais je doute fort que les opticiens, une fois approvisionnés et mis au courant de leur fabrication, consomment annuellement la quantité que je viens de dire. Au reste, si cette quantité de flint-glass est peu de chose pour le fabricant qui la vend, elle est de la plus grande importance, d'abord pour l'opticien qui l'achète et en confectionne des lunettes d'un prix plus ou moins élevé, et ensuite pour le savant, qui sans cela ne peut avoir ces grands et beaux instrumens avec lesquels il fait ses observations.

Il n'y avait donc que l'attrait des récompenses promises par le Gouvernement, ou qu'un grand zèle pour le bien public et le progrès des sciences, qui pouvait déterminer un fabricant à se livrer à la suite de travaux qui devaient amener le résultat cherché. Il fallait, de plus, que ce fabricant eût les connaissances de théorie nécessaires, sans quoi son travail ne pouvait aboutir à rien, et son zèle n'aurait servi qu'à l'égarer.

M. Dufougeray, quand il vint offrir ses premiers essais en ce genre, et présenter du flint-glass assez pur pour en faire de bonnes lunettes de petites dimensions, fut donc le premier en France qui donna des espérances bien fondées pour la solution du problème proposé. Avantageusement connu par la beauté des cristaux qui sortent de la manufacture du Creuzot, dont il est entrepreneur, personne n'est plus que lui favorablement placé, et ne réunit

plus de moyens pour réussir à faire de bon et d'excellent flint-glass; aussi le Gouvernement lui a-t-il prodigué les encouragemens les plus généreux. En effet, il a depuis mis dans le commerce du flint-glass dont on a fait usage pour la confection des petites lunettes. S'il n'a pas encore fait paraître de grands objectifs de lunettes astronomiques, on ne doit pas sans doute l'imputer à un défaut de zèle, mais à un malheureux concours de circonstances qui l'a empêché d'en obtenir malgré ses efforts. Il y parviendra certainement, comme tous les fabricans de cristal qui voudront suivre les principes et les conseils que j'ai consignés dans ma dissertation.

Depuis que l'Institut m'avait daigné choisir pour faire, sur l'Art de la Verrerie, un traité complet qui devait servir de suite aux arts et métiers de l'Académie, je m'étais toujours plus ou moins occupé du problème de la fabrication d'un flint-glass bon pour l'optique. Jamais je n'avais envisagé ce travail sous le rapport du commerce, cela n'en valait point la peine, comme je viens de le dire; mais il importait beaucoup à ma satisfaction de pouvoir donner dans mon ouvrage, quand je le publierais, des préceptes sûrs pour arriver au résultat inutilement cherché depuis si long-tems. Je me serais peu inquiété qu'un autre vint produire avant moi de bonnes et grandes lunettes astronomiques, faites avec du flint-glass français, si au moins j'étois le premier à publier les moyens de le faire, et si je remplissais ainsi, d'une manière convenable, cette partie de la tâche qui m'était confiée par l'Institut. Je ne cherchais donc pas à rendre public encore le résultat de mon travail à ce sujet: donnant à MM. Lerebours et Cauchoix tout le flint-glass, bon ou mauvais, que je faisais, je profitais de leurs conseils pour essayer de parvenir à des résultats meilleurs; et petit-à-petit j'arrivais à régulariser cette fabrication, autant qu'elle peut l'être d'après sa nature, pour la traiter ensuite, *ex professo*, dans mon ouvrage, tandis que le résultat de mes essais contribuait d'autant à fournir des matières aux opticiens qui la travaillaient.

C'est sur ces entrefaites que M. Cauchoix (1) ayant essayé à l'Observatoire, et comparé avec la grande lunette de

(1) Le Gouvernement lui a donné depuis un logement au Collège des Grassins.

Dollond, qui s'y trouve, un grand objectif fait avec du flint-glass que je lui avais donné. MM. les Membres du Bureau des Longitudes m'invitèrent à leur communiquer le résultat de mes travaux, et ensuite m'engagèrent à en faire part à la première classe de l'Institut. La Classe, d'après le rapport de ses commissaires, imprimé à la suite de ma Dissertation, a bien voulu ordonner l'impression de mon Mémoire et du rapport, et constater par son témoignage le plus authentique, les succès que j'avais obtenus. Cela ne peut qu'augmenter encore le désir que j'ai de n'épargner aucun soin, afin de mériter également son suffrage pour la totalité de l'ouvrage que je dois lui soumettre.

Quand j'ai lu ma Dissertation à l'Institut, je n'avais pas encore obtenu tous les grands objectifs qui ont été vus et comparés à l'Observatoire depuis ce tems-là. J'en ai dans ce moment huit, tous supérieurs à la grande lunette de Dollond, de l'Observatoire. Quoiqu'une pareille quantité de grands et bons objectifs, produits en aussi peu de tems, soit une chose étonnante, surtout si l'on fait attention au petit nombre de lunettes de grande dimension que Dollond lui-même ait jamais faites dans tout le cours de sa vie, cependant je n'ai pas hésité à faire les frais d'en travailler un pareil nombre, pour donner la preuve que si l'excellent flint-glass est réellement le produit d'un heureux hasard, il y a, malgré cela, en suivant la méthode que j'enseigne, une certitude de réussir assez souvent, si ce n'est toutes les fois.

Puissent tous les fabricans de verres métalliques, en France, réunir, aussi franchement que je le fais, tous leurs efforts dans cet honorable travail; et non-seulement nous atteindrons et même nous surpasserons nos ingénieux rivaux dans cette branche des sciences et des arts, mais encore je ne serais pas étonné quand nous parviendrions à les laisser très-loin derrière nous!

## M É M O I R E

*Sur l'Art de fabriquer du Flint-Glass bon pour l'optique.*

*Lu à la Séance du 11 décembre 1809, de la Classe des Sciences physiques et mathématiques de l'Institut.*

M E S S I E U R S ,

La Classe m'a chargé, en l'an 8, de rédiger un Traité complet sur l'Art de la Verrerie, pour servir de suite aux Arts et Métiers; elle a adopté le plan que j'avais proposé pour cet ouvrage, et je me suis livré à ce travail avec toute la persévérance et l'activité qu'il exigeait. Tout ce qui a rapport à cet art proprement dit est déjà terminé; 140 planches que voici, et que j'ai fait graver, tout en m'occupant de la rédaction du texte, vous prouvent que je n'ai pas perdu de vue la tâche honorable que vous avez bien voulu me confier. J'ai cependant été retardé dans mon travail par les soins que j'ai dû donner à l'érection d'une manufacture que j'ai créée dans le département de Sambre-et-Meuse; manufacture où j'ai eu le bonheur de faire d'heureuses applications à l'art, de toutes les lumières que la science nous procure aujourd'hui. Mes établissemens, déjà parvenus à un degré de prospérité et d'étendue où jamais une autre manufacture de ce genre ne s'était encore élevée, versent annuellement dans le commerce

pour plus d'un million, rien que de ces cristaux ou verres métalliques qui vont faire le sujet de ce Mémoire (1). Cette expérience heureuse servira, je l'espère, de preuve aux préceptes que j'aurai l'occasion de publier, et l'application de ces préceptes ne pourra laisser aucun doute.

Si les soins et le tems que j'ai donnés à l'érection de mes établissemens, ont retardé le moment où je puis être à même de vous offrir mon ouvrage tout-à-fait achevé, d'autre part combien de moyens n'en ai-je pas retirés pour traiter d'une manière plus didactique tout ce que j'avais à dire ! Mon ouvrage aura été rédigé au milieu de mes ateliers, et ne sera qu'une suite d'expériences faites en grand, répétées et variées, comme me le permettent tous les moyens qui sont à ma disposition.

C'est ainsi qu'avant de traiter de la fabrication du flint-glass, dont je vais vous entretenir, j'ai voulu répéter toutes les expériences qui avaient été faites ou conseillées pour arriver à ce but. Depuis plusieurs années je fais du flint-glass. M. Lerebours, ou M. Cauchoix ici présent, ont bien voulu se charger de travailler des quantités considérables de ce verre, que je leur ai données dès mes premiers essais, qui ne furent pas tous heureux.

MM. les membres du Bureau des Longitudes, dont quelques-uns avaient déjà été à même de voir, et de comparer avec des produits anglais, les objectifs travaillés avec mes matières, m'ont

(1) Dans le courant de 1810, les fabrications de cristal, à Vonèche, ont encore été doublées.

invité à venir à leur dernière séance, afin de leur communiquer le résultat de mes travaux sur un sujet si intéressant pour l'astronomie. Ces Messieurs ayant accueilli avec bienveillance la présente Dissertation, m'ont engagé à l'offrir à la Classe, persuadés que les faits qu'elle renferme ne pouvaient être indifférens aux amis de la science, dans un moment surtout où l'attention est éveillée sur tout ce qui a rapport au flint-glass.

Sans cette invitation de MM. les membres du Bureau des Longitudes, j'aurais encore continué mon travail dans le silence, et je ne me serais présenté à la Classe qu'en lui apportant pour preuve de ce que je vais avancer, un très-grand nombre de bons objectifs propres aux lunettes célestes, et surtout des objectifs d'un grand diamètre, les uns et les autres comparables à ce qu'on a de mieux à ce sujet, venant d'Angleterre. Dans ce moment, M. Cauchoix n'a pas encore achevé beaucoup de ces verres ; mais il en mettra cependant sous les yeux de la Classe un certain nombre, dont quelques-uns ont soutenu la comparaison que je viens de dire, sous les yeux de plusieurs membres du Bureau des Longitudes, ici présens.

Avant d'entrer dans des détails sur les moyens qui peuvent être employés en France pour obtenir tout le flint-glass nécessaire aux travaux de nos opticiens, je dois, pour être mieux entendu, définir succinctement les mots dont je vais me servir.

Dans les lunettes achromatiques on emploie la réunion de deux espèces de verres, de densité et de réfraction différentes, pour détruire

la coloration qui borde les objets vus à travers des objectifs à un seul verre. Ainsi, obtenir des objets sans coloration, est le premier but auquel on tend; mais en même tems il faut de la netteté, et que la perte de lumière, produite par l'emploi de ce moyen, soit la plus petite possible, autrement on perdrait plus d'un côté qu'on ne gagnerait de l'autre. Rappelons-nous bien ces deux conditions-là dans ce qui va suivre.

Les Anglais ont nommé *crown-glass* et *flint-glass* les deux espèces de verre qu'on emploie pour faire l'objectif achromatique. Je vais continuer à appeler de ces deux noms les substances dont je veux vous occuper, soit qu'elles ressemblent absolument à celles employées par les Anglais, soit que les localités et les circonstances nous aient mis dans le cas d'y faire des modifications; mais auparavant il est nécessaire de bien déterminer les qualités que j'admets dans le verre qu'on a coutume d'appeler flint-glass. 1°. Une densité suffisante, mais que nous verrons pouvoir être moindre que celle exigée jusqu'à présent; 2°. une homogénéité absolue dans la matière, sans quoi les cordes, les stries, les apparences gélatineuses empêchent la vision, brisent les contours des objets aperçus, et ce sont là les défauts le plus ordinaires au flint-glass qu'on destine à l'optique; 3°. une diaphanéité la plus parfaite possible.

Le *crown-glass* se rencontre assez facilement pur, et exempt des stries qui rendent si difficile à obtenir le bon flint-glass. On emploie pour *crown-glass* toutes les espèces de verres salino-terreux fabriqués dans nos verreries, et

surtout dans nos manufactures de glaces. La forme des pièces de verre travaillées dans ces manufactures permet de reconnaître et de choisir facilement les morceaux purs et sans défauts, comme aussi leurs parties constituantes produisent une vitrification bien plus homogène que celle qu'on obtient ordinairement des matières premières employées à la fabrication du flint-glass: ainsi je ne m'arrêterai pas à discourir sur le *crown-glass*, que nos opticiens trouvent toujours à se procurer plus ou moins facilement; et je passe tout de suite à la fabrication du flint-glass.

Il était tout naturel que les Anglais nous eussent précédé dans la construction des lunettes achromatiques; eux seuls avaient la matière dans leurs fabriques de cristal, qui sont introduites depuis seulement vingt-cinq ans en France; et l'on va voir qu'il n'y a que dans les fabriques en grand que l'on puisse espérer d'obtenir du flint-glass, dans toute l'étendue de ce mot défini comme je viens de le faire. Ainsi je pense que tous les particuliers qui disent avoir des procédés pour faire du bon flint-glass dans de petits creusets, et d'une manière certaine, peuvent être accusés au moins d'ignorance; c'est ce que va rendre parfaitement évident la suite de cette Dissertation.

En effet, on voit déjà qu'ici je n'accorde pas le nom de flint-glass propre à l'optique, à un verre, seulement parce qu'il est dense. C'est malheureusement l'erreur dans laquelle sont tombés presque tous ceux qui n'ont pas assez fait attention à la solution du problème qui nous occupe. On regarde, en général, comme du

flint-glass propre à l'optique, tout verre qui est d'une pesanteur spécifique de trente-trois environ (1), et l'on croit que toute la difficulté consiste à fabriquer du verre de cette densité. Beaucoup de personnes vont même jusqu'à croire que plus le verre qu'on fera sera dense, et plus on aura fait du beau et de l'excellent flint-glass. Or, comme rien n'est plus facile que de faire un verre très-pesant, on voit tous les jours des gens qui viennent offrir des morceaux de verre métallique d'une énorme densité, et ces gens-là ne sentent pas que la route qu'ils ont prise est précisément celle qui les éloigne du but où ils tendent, et que plus le verre qu'ils font sera chargé d'oxyde de plomb, et plus il sera difficile qu'il devienne du flint-glass bon pour l'optique; car il sera d'autant plus sujet aux stries, et il procurera une perte de lumière d'autant plus grande.

Je dis qu'il sera d'autant plus sujet aux stries: en effet, l'expérience répétée mille et mille fois, prouve que si l'oxyde de plomb qu'on met dans le verre, pour le rendre plus lourd, n'est pas la seule cause des stries, il les produit au moins très-souvent; et comme ces stries sont le plus grand obstacle qui s'oppose à la bonté du flint-glass, tout ce qui tendra à les augmenter doit donc être éloigné autant que possible. De là les efforts qu'ont faits les savans pour tâcher de substituer des liqueurs, ou toute autre substance possédant une forte qualité réfringente, aux verres métalliques dans la composition de l'objectif achromatique; mais puisqu'on a été obligé de revenir

(1) L'eau étant 10.

à l'emploi du verre, ne nous occupons ici que de lui seul.

L'oxyde de plomb étant la seule matière à l'aide de laquelle on puisse obtenir une différence très-notable dans la densité des verres blancs et bien transparens, il faut nous arrêter un peu à considérer la manière dont cet oxyde se comporte pendant la vitrification, et dès-lors nous reconnaitrons presque toutes les causes qui viennent s'opposer à la confection du bon flint-glass.

Les matières qui composent les verres d'une grande densité sont toutes celles employées aussi dans la fabrication des beaux verres blancs ordinaires et légers; ce sont des sables siliceux et divers fondans salins, comme la potasse et la soude, un peu de salpêtre, etc. L'oxyde de plomb s'ajoute ensuite, pour donner au verre plus de fusibilité, de brillant et de densité; mais la quantité d'oxyde de plomb qu'on peut mettre est bornée, quand on veut avoir un beau verre, bien blanc et bien transparent.

Quoique l'oxyde de plomb fasse fondre une certaine quantité de sable, ils ne feraient pas seuls ensemble un beau verre, mais un verre jaune plus ou moins opaque; et voilà pourquoi tous les verres où l'on fait entrer une trop forte proportion de plomb, dans l'intention d'obtenir une extrême densité, participent déjà, plus ou moins, à l'opacité et à la coloration des verres de plomb seulement.

Si l'on fond de l'oxyde de plomb seul, ce n'est pas du verre qui en résulte, mais de la litharge en masse, comme tout le monde le sait; si l'on y ajoute du sable, l'oxyde le fait fondre très-

promptement, mais en assez petite quantité, et le verre qu'on obtient est jaune, comme je viens de le dire : c'est une combinaison avec excès d'un des deux composans, du genre de celles que Berthollet a si ingénieusement fait apercevoir dans une infinité de cas, où ces espèces de saturations au premier degré nous expliquent des phénomènes inexpliqués jusque-là.

Ici, cette première saturation de l'oxyde de plomb nous donne aussi la clef de tout ce qui va se passer; ne perdons pas de vue cette propriété.

Une fois l'oxyde de plomb suffisamment combiné avec du sable, et la proportion ne va pas à la moitié de son poids, il n'agit plus que fort lentement sur d'autre sable qui se trouverait en présence : il agit cependant encore; mais alors, si l'on pouvait séparer par la pensée les nouvelles molécules de silice qui sont dissoutes, on verrait qu'elles forment un nouveau verre plus siliceux et plus dur, par conséquent moins dense; et comme la première masse vitreuse est saturée au premier degré, les nouvelles quantités qui se forment à un degré de saturation plus avancé se mêlent aux premières sans s'y combiner. Cela est si vrai, que plusieurs fois, en faisant des verres très-pesans, et que j'avais laissé refroidir dans le creuset, j'ai trouvé deux couches très-distinctes et superposées; souvent même elles avaient éclaté en se refroidissant, et s'étaient séparées juste à l'endroit où on les voyait changer de coloration et de densité. Pesées toutes deux, ces couches offraient une énorme différence dans leurs poids, comme 35 et 42, l'eau étant 10.

La formation des sels, en chimie, nous offre une foule d'exemples qui rendraient ceci très-palpable; et pour en choisir le premier qui se présente à ma pensée, si vous mêlez de l'acide carbonique à de la potasse caustique, et qu'à l'aide de certaines circonstances vous aidiez la combinaison, il se formera deux sels très-distincts; il y aura dans la même liqueur un sous-carbonate et un carbonate saturé, sans que le mélange des deux ensemble donne la moyenne de saturation. De même, nous trouvons que l'oxyde de plomb saturé au premier degré, par la silice du sable, bien que susceptible d'en dissoudre encore, ne fait plus qu'un mélange sans combinaison, avec la quantité plus saturée qui va se former. Au reste, la nouvelle combinaison au *maximum* de saturation de sable, n'est point encore elle-même un verre parfait; ainsi que je l'ai dit, c'est un verre jaune de topaze plus ou moins foncé.

Il n'y a donc que par le mélange avec d'autres substances vitrifiables, que ce verre peut être amené à l'état d'incoloration et de netteté dont on a besoin. Ainsi nous composons nos verres métalliques, appelés cristal, avec de l'oxyde de plomb, du sable, de la potasse ou de la soude, et diverses autres substances qui n'entrent plus que pour corriger les mauvaises qualités qu'on rencontre dans les premières. Le salpêtre sert, outre la potasse qu'il fournit comme fondant, à donner aussi de l'oxygène pour brûler les parties charbonneuses qui pourraient exister dans la potasse, ou pour achever l'oxydation imparfaite du plomb. Le manganèse, l'arsenic, l'antimoine, etc. jouent des rôles conformes

à leurs propriétés, mais ne sont jamais que des correctifs qui masquent plus souvent des défauts qu'ils ne les détruisent, et qui souvent en ajoutent. Aussi le produit est d'autant plus beau, qu'on a moins été obligé de recourir à ces correctifs.

Considérons donc la vitrification d'oxyde de plomb, de potasse et de sable, et faisons la composition, pour obtenir, comme les Anglais, une densité de 33 à peu près (nous verrons plus tard pourquoi je dis *à peu près*) : le mélange sera cinq parties d'oxyde de plomb, deux parties de potasse, et six parties de sable. Le tout bien mêlé, mis dans un creuset de verrerie avec une température suffisante, à l'instant l'oxyde de plomb se fond, se sature à différens degrés du sable qui lui est mêlé, et forme ainsi des verres de plomb de diverses densités; et, de son côté, la potasse agissant sur les molécules de silice qui la touchent, donne naissance à un verre d'un autre ordre, d'une autre densité aussi, et d'une force réfringente beaucoup moindre. Ce n'est que par la violence du feu et par la continuité d'une haute température, que ces verres si différens entre eux se mêlent et finissent par se combiner; mais cette combinaison n'est que rarement absolue; et même, lorsqu'elle est absolue, il suffit de quelques circonstances qui se rencontrent fréquemment, pour rappeler chaque élément à suivre des lois particulières et à commencer une espèce de dévitrification, ainsi que je l'ai fait voir dans un Mémoire que j'ai eu l'honneur de lire à la Classe, il y a cinq ans, sur la dévitrification en général.

Pour

Pour obtenir du flint-glass propre à l'optique, il faudrait donc pouvoir saisir le moment où la combinaison des matières est parfaite, et employer le verre dans cet état. Mais combien de nouvelles circonstances viennent ici compliquer la difficulté! Jamais cette combinaison parfaite que nous demandons, ne se rencontre dans la totalité d'un pot à la fois; diverses circonstances s'y opposent, et nous allons les examiner successivement.

Le dessus d'une potée de verre est toujours sali par une espèce d'écume, où se trouvent pêle-mêle des grains de sable non fondus, des sels neutres non volatilisés, et toutes les autres impuretés échappées à la purification des matières, ou produites même par l'action de la vitrification; et les couches inférieures à cette écume se ressentent du voisinage de ces saletés, qui se trouvent jusqu'à une plus ou moins grande profondeur. D'autre part, le fond des creusets contient toujours plus ou moins de ce verre avec excès d'oxyde de plomb dont j'ai parlé, qui s'y étant précipité par suite de sa pesanteur spécifique, dès le premier moment de la fusion, s'y est amassé, et a résisté à tous les efforts de combinaison du reste de la masse vitreuse. Tel on voit, si je puis me servir de cette comparaison, un verre d'eau dans lequel on aurait fait fondre du sucre; souvent, après même qu'on l'a bien remué, il se trouve encore dans le fond du vase une partie du sucre fondu, mais non mêlé à toute la masse, et qui est resté au fond malgré l'agitation qu'on lui a imprimée. A bien plus forte raison, dans un liquide épais et visqueux, comme le verre,

qu'on ne peut remuer ni mêler mécaniquement sans donner lieu à mille accidens nouveaux, pires que celui qu'on voudrait éviter, doit-il être impossible de ramener à un mélange exact les molécules superposées en raison de leur pesanteur spécifique. Il faut donc se résoudre à n'avoir jamais, quand on fait des verres métalliques, que des creusets qui, dans les meilleures circonstances possibles, seront écumeux à la partie supérieure, et mêlés, dans le fond, de verre de plomb avec excès de métal. Ce dernier défaut se reproduira même souvent dans toutes les couches de la masse, tellement qu'elles ne seront qu'une suite de couches plus denses les unes que les autres, et dont l'homogénéité absolue ne sera que relative aux molécules placées dans un même plan horizontal. Heureux quand le parallélisme de ces couches n'aura pas été troublé par quelques accidens chimiques ou mécaniques ; dans ce cas on obtiendra, avec les précautions que je vais dire, des plateaux de verre propres à être employés dans l'optique, et qui varieront de pesanteur entre 33 et 33 $\frac{1}{2}$ , suivant la hauteur du creuset où ils auront été pris. Cette différence de densité pourra se rencontrer dans des morceaux pris seulement à 30 ou 40 centimètres, plus profondément l'un que l'autre. Aussi voit-on sur la tranche des plus belles plaques de flint-glass, épaisses de 10 à 12 millimètres, qu'elles sont encore une suite de petites zones superposées ; mais ces zones, peu différentes entre elles, ne sont pas nuisibles quand du reste elles sont parallèles.

Avant d'entrer dans des détails sur la meil-

leure manière de sortir le flint-glass hors du creuset, quand une fois on l'a obtenu par la fusion, je dois encore parler des difficultés que la nature elle-même de nos creusets oppose à ce qu'on ait une belle fonte de flint-glass. Nos creusets sont d'argile réfractaire. L'argile est un composé d'alumine et de silice ; et l'oxyde de plomb ayant beaucoup d'affinité pour ces terres, réagit, même après être saturé de silice, sur les parois des creusets, les détruit lentement, mais continuellement, et forme ainsi une nouvelle espèce de verre qui a une réfraction toute différente, et qui, par son mélange avec celui contenu dans le creuset, donne lieu à des fils et des stries répandus dans tout le voisinage des parois. Ainsi, après avoir été resserrés dans des limites assez étroites pour trouver du flint-glass dans la hauteur d'une potée de verre, nous voilà encore dans la nécessité de ne le prendre qu'au centre de chacune des couches, parce que en approchant des parois du creuset on ne trouve plus rien de bon. En vain indiquerait-on, pour remédier à cet inconvénient, d'avoir recours à des creusets de platine (1). Ces instrumens ne peuvent être employés pour des travaux en grand ; et d'après tout ce qui précède, et encore par ce qui va suivre, il sera prouvé jusqu'à l'évidence, que ce n'est pas en faisant du verre exprès pour obtenir du flint-glass propre à l'optique, et surtout en le faisant en petit, qu'on peut parvenir à réussir

(1) Par une haute température, long-tems continuée, le platine lui-même, soumis à l'action de l'oxyde de plomb, est attaqué et rongé.

dans ce travail. Nous ferons du bon flint-glass en France, comme on le fait en Angleterre. Dans les manufactures de cristal, les jours où le verre est très-beau, très-fin, et présente une grande apparence d'homogénéité, on commence par travailler le tiers du pot en marchandises courantes pour le commerce, et ensuite, pendant un autre tiers de la hauteur du pot, on essaie de faire des plaques pour l'optique. Je dis qu'on *essaie*; car ces plaques, mises ensuite dans le commerce, sont loin d'être toutes du flint-glass parfaitement bon et propre à la confection des lunettes achromatique, surtout pour celles de grande dimension.

J'ai vu plusieurs opticiens de Paris, qui m'ont dit avoir fait venir directement des quantités assez considérables de flint-glass anglais et n'avoient pu en employer qu'une très-petite partie, souvent même pas du tout. De même j'ai plusieurs fois observé que le jour où je comptais le plus sur une belle fabrication de flint-glass, toutes les plaques que l'on faisait contenaient de légères stries qu'on n'avait pas aperçues d'abord, et qui en rendaient l'usage impraticable; d'autres fois, où j'avais eu moins d'espérance de réussir, parce que le verre était moins beau dans les objets de cristal travaillés pour le commerce, on avait obtenu des plaques beaucoup plus pures et meilleures pour l'optique.

Un voyage que M. Cauchoix a fait dans mes établissemens avait principalement pour but de réunir ses efforts aux miens, afin de parvenir à reconnaître d'avance les instans où il était le plus avantageux de cueillir du verre pour obtenir des plaques de flint-glass, et nous sommes

restés convaincus qu'il n'y avait d'autre manière d'arriver à ce but, que de saisir les instans où le verre paraît le mieux fondu, et le plus beau dans les articles ordinaires de gobetterie, sauf ensuite à choisir parmi les morceaux mis en plaques, ceux qui sont susceptibles de donner de bons objectifs, et à rebuter les autres comme le font les Anglais. Le voyage de M. Cauchoix à Vonèche, durant cet été, avait encore pour but d'essayer de nouveau, avec moi, quelle serait la manière de tirer hors du pot le verre destiné à fournir du flint-glass, afin de troubler le moins possible le parallélisme de ses couches, et de tirer, aussi le moins possible, les fils qui se forment aux parois du creuset.

La manière la plus naturelle, au premier aperçu, c'est de laisser refroidir le verre dans le creuset, et de scier ensuite des tables de verre parallèlement aux couches horizontales. Ce mode qui paraît si simple, est cependant inexécutable, si l'on opère le refroidissement en deux ou trois jours seulement. Cette masse de verre, en raison de sa mauvaise propriété conductrice du calorique, s'écaille à mesure que ses surfaces se refroidissent, et l'on n'obtient que des petits morceaux de verre absolument inutiles. Si, au contraire, on donne un refroidissement prolongé, comme je l'ai fait, pendant un mois et plus, les morceaux de verre, bien qu'ils soient encore éclatés en plusieurs pièces, offrent cependant d'assez belles masses (1); mais alors il se présente un nouvel

(1) J'en ai mis au même instant, sous les yeux de la Classe, un morceau obtenu par ce moyen, pesant plus de 50 kilogrammes, et paraissant de la plus grande beauté.

obstacle insurmontable : c'est qu'à l'aide de ce long refroidissement il s'est opéré un commencement de dévitrification, et que malgré la beauté et la transparence qu'on observe à l'œil nu dans ces pièces de verre, elles ne peuvent être employées en optique, parce qu'il y règne une texture gélatineuse qui empêche la vision bien distincte des objets observés au travers. Cette texture est due à la séparation commencée des molécules de verre salin et de verre métallique. Ainsi donc, après avoir en vain répété cette expérience sur des masses assez considérables, que j'ai toutes données infructueusement à des opticiens, j'ai été obligé d'y renoncer, et de revenir à l'opération, soit du coulage, soit du soufflage, pour tirer mon verre hors du creuset. Nous allons examiner ces deux modes d'agir.

Le coulage peut être de deux sortes : la première s'opère en versant la potée de verre toute entière sur une table, et l'étendant avec un rouleau, comme on coule les glaces à Saint-Gobain. Je suis assez porté à croire que ce moyen pourrait mettre à même de trouver, sur une grande quantité de glaces coulées de cette manière, pour en faire des miroirs, et après qu'on les aurait polies sur les deux faces, des plaques de flint-glass plus ou moins belles, et bonnes pour l'optique ; mais outre qu'il n'existe nulle part de fabrique de glaces en cristal, et par conséquent pourvue de tous les instrumens nécessaires à cette opération, on ne voudrait pas couler ainsi de grandes masses de ce verre précieux et cher, dans l'espérance très-douteuse de trouver, sur sept ou huit quintaux,

une petite plaque de quelques pouces de diamètre. Cependant, si je réalisais encore quelques projets d'agrandissement dans mes établissemens, je me trouverais dans la possibilité de tenter ces expériences, et je n'hésiterais pas à le faire avec le même zèle que j'ai mis jusqu'à présent à résoudre le problème qui nous occupe. Mais en attendant, j'ai répété plusieurs fois la seconde sorte de coulage, qui s'exécute en puisant avec une grande poche dans le milieu du verre, et jetant le gâteau sur une plaque métallique, où on l'étend ensuite par une forte dépression. Cette opération m'a quelquefois réussi, et l'on a trouvé dans les plaques faites de cette manière, des morceaux dont on a tiré de bons objectifs ; mais l'inconvénient principal de cette méthode vient de ce que la poche avec laquelle on puise le verre au milieu du pot, déprime nécessairement cette matière épaisse et visqueuse, et surtout de ce que, pour enlever la masse, on est obligé de la ramener jusqu'au bord du creuset, où il se fait un mélange nuisible avec le verre qui avoisine ce bord.

J'ai donc reconnu que le meilleur moyen qu'on puisse employer, est celui de cueillir le verre avec une canne, à la manière ordinaire, connue de tout le monde ; de former ensuite un cylindre creux de la largeur et du diamètre désirés, ainsi que de l'épaisseur requise ; de couper les deux extrémités de ce cylindre, de le fendre et de l'aplatir. De cette façon, la canne prenant seulement la superficie du verre, dans l'endroit où l'on a soin de la poser à la surface, est roulée par l'ouvrier, de manière à se recou-

vir successivement de couches parfaitement concentriques, qui deviennent parallèles par le développement du cylindre. C'est comme cela que j'ai obtenu le plus de succès, et je crois que c'est ainsi qu'on aura toujours le plus d'espérance de réussir. Tous les autres moyens employés ou proposés par différentes personnes, ont été reconnus par moi plus ou moins impossibles dans l'exécution, ou n'atteignant pas le but désiré. Je passerai sous silence le récit de toutes ces expériences, afin de ne pas trop allonger cette dissertation, déjà peut-être trop diffuse. Il suffit, pour les amateurs éclairés des sciences, et de l'astronomie en particulier, de savoir que *partout où il y a une fabrique de ce verre de plomb appelé cristal, on fait du flint-glass*, et qu'il ne s'agit que de saisir l'instant favorable pour le réduire en plaques qui seront propres à la confection des meilleures lunettes achromatiques; cela dépendra du soin qu'y voudra mettre le propriétaire de cette fabrique, pour choisir les momens où son verre est le plus beau.

Ne nous étonnons donc plus si les Anglais avaient conservé, pendant si long-temps, l'exclusion de cette fabrication. La nécessité où ils sont de fondre leur gobeletterie à pots couverts, les a depuis long-temps obligés à faire des verres très-tendres, par la quantité d'oxyde de plomb qu'ils contiennent. Les verreries de cette espèce sont fort multipliées en Angleterre, et presque toutes appartiennent à des propriétaires riches qui ne regardent pas à faire des essais un peu dispendieux. En France, ce n'est que depuis vingt-cinq ans qu'on y fa-

brique du cristal. Il n'en existe que trois manufactures: Saint-Louis, le Creusot, et la miénne que j'ai créée seulement depuis sept ans. Est-il donc surprenant que nous soyons restés un peu en arrière à ce sujet? Dorénavant nous n'y resterons qu'autant que les fabricans de cristal se refuseraient à suivre la marche et à prendre les soins que je viens de dire; heureux, en mon particulier, si je pouvais avoir contribué à mettre sur la voie les autres fabricans de bonne volonté, je ne craindrai pas de communiquer le résultat de mes propres expériences sur lesquelles je n'avais gardé le silence jusqu'à présent, que par les motifs exposés plus haut.

Avant de terminer, je ne saurais trop insister ici, pour dissuader le public de l'opinion accréditée que le flint-glass n'est qu'un verre très-pesant, et que plus on le fait lourd, meilleur il est. Cette erreur a précipité bien des personnes dans des expériences aussi coûteuses qu'inutiles. Le verre très-pesant peut être préférable pour faire des lunettes de spectacle; mais à égalité de bonté et de pureté entre deux objectifs faits avec un flint-glass plus ou moins dense, *dès que l'achromatisme est parfait, on doit préférer celui fait avec le flint-glass le plus léger*. Cette assertion pouvant paraître paradoxale, demande à être discutée méthodiquement.

La raison qui avait engagé les savans à recommander aux opticiens l'emploi du flint-glass le plus dense possible, était fondée sur ce que la grande réfraction qui résulte de cette densité, comparée avec celle qui est propre au

crown-glass, admet des courbes d'un rayon plus long, et, par suite, donne la possibilité d'augmenter les diamètres des lunettes et la quantité de lumière reçue pour des longueurs semblables; de manière qu'il serait alors très-vrai de dire que, toutes choses égales, c'est-à-dire *l'homogénéité et la diaphanéité étant égales, le flint-glass le plus dense serait préférable*. Mais, 1°. on n'a pas tenu assez compte, jusqu'à présent, de la quantité de lumière réfléchie sur les surfaces des objectifs, et il est bien sûrement incontestable que les réflexions de la lumière sur les surfaces du verre augmentent avec le pouvoir réfringent de ce dernier, comparé au pouvoir réfringent du milieu dans lequel il se trouve; et comme il y aura d'autant moins de lumière transmise, qu'il y en aura plus de réfléchie, l'on voit déjà que de deux objectifs *travaillés par des courbes appropriées pour donner le même foyer, et égaux en pureté comme en diaphanéité, le meilleur sera celui composé avec le verre le moins dense*.

2°. Cette égalité que nous admettons là n'est qu'une hypothèse pour établir un instant la comparaison: elle n'existe pas; car nous avons vu, par tout ce qui précède, que la pureté ou l'homogénéité du verre est d'autant plus difficile à obtenir, qu'on augmente davantage la dose d'oxyde de plomb pour avoir la densité; et parvint-on encore à l'égalité de pureté, par suite d'un choix fait dans un bien plus grand nombre de morceaux, on ne peut jamais obtenir la même diaphanéité dans un verre très-dense, que dans un verre qui l'est moins. Cela

est encore une suite des faits que je vous ai rapportés précédemment, et desquels il résulte que le verre, à mesure qu'on le charge davantage d'oxyde de plomb, devient de plus en plus brun et jaune. C'est ce qui est prouvé non-seulement par les morceaux que je vous soumetts ici, mais par tous ceux que chacun peut être à même de se procurer et de comparer.

Ainsi, le raisonnement se trouve d'accord avec l'expérience, pour prouver *qu'on altère la transparence en augmentant la densité des objectifs achromatiques, et que l'avantage de la clarté reste aux lunettes faites avec un flint-glass spécifiquement moins pesant*. Les objectifs que vous montre ici M. Cauchois, et ceux des lunettes qu'il a déjà fournies dans le commerce, faits avec mes matières, sont la preuve matérielle de ce que j'avance.

M. Cauchois a d'ailleurs reconnu que pour des grossissemens de 60 à 80 fois, il pouvait donner aux diamètres réels des objectifs le 12<sup>e</sup>. de leur longueur focale; et il atteint ainsi ce qu'on a fait de plus en ce genre avec le flint-glass anglais, dont la densité est à celle de mon flint-glass :: 33 ou 33  $\frac{1}{2}$  : 31  $\frac{1}{2}$  ou 32. Il est vrai que dans quelques exemples fort rares les Anglais ont quelquefois donné des diamètres proportionnellement plus grands; mais cela doit plutôt se considérer comme des tours de force, que comme le résultat d'une pratique constante.

Vous pouvez remarquer, Messieurs, qu'ici le travail de l'opticien s'est trouvé lié avec celui du verrier; et je saisis cette occasion de rendre

justice aux talens et à la sagacité avec lesquels M. Cauchoix a aidé mon travail par le sien. Avant de lui avoir fourni des matières, je dirigeais toutes mes expériences vers la fabrication d'un flint-glass qui eût au moins 33 à 33  $\frac{1}{2}$  de pesanteur spécifique. Cette densité n'était pas celle ordinaire de mes fabrications, parce que je me sers de bois pour combustible, que par ce moyen j'ai l'avantage de pouvoir fondre à pots découverts, et d'obtenir habituellement, en moins de tems, un verre contenant un peu moins d'oxyde de plomb, et par conséquent plus blanc et plus brillant que celui fondu à pots couverts avec une quantité d'oxyde un peu en excès (1).

J'étais donc obligé de faire des compositions à part pour le flint-glass, et j'avais beaucoup moins d'espoir de réussir, parce que ces fabrications, non suivies régulièrement, ne m'offraient pas les mêmes moyens de succès que des travaux qui se répètent toujours de même,

---

(1) Ayant doublé mes fabrications de cristal pendant 1810, ainsi que je l'ai dit plus haut, je me suis trouvé dans la nécessité, pour ne pas épuiser le bois de mes environs, d'employer concurremment la houille ou le charbon de terre. Ainsi je travaille à pots couverts, à la manière anglaise, dans mes nouveaux ateliers, tandis que je continue, dans les anciens, le travail au bois et à pots découverts. Cela me met dans le cas, où personne ne s'était trouvé avant moi, de comparer les résultats de ces deux manières de fabriquer, toutes les autres circonstances restant les mêmes. Pour ne parler ici que de ce qui nous occupe, je reste persuadé que les chances du succès, pour obtenir un flint-glass propre à l'optique, sont bien plus en faveur d'une fabrication à

et dans lesquels tous les ouvriers finissent par acquérir une routine sur le mode et la durée des divers enfourneimens, et surtout sur le mode de travail. D'ailleurs, la cause des stries augmentait comme la quantité d'oxyde de plomb. M. Cauchoix m'assura que la densité ordinaire de mes fabrications, de 32 environ, pouvait lui suffire, et il entrevit ce que l'expérience a prouvé; savoir, que les lunettes faites avec ces objectifs donneraient plus de clarté. Depuis lors j'ai donc renoncé à faire des compositions exprès pour obtenir du flint-glass, et je m'en suis fort bien trouvé; ce qui prouve l'assertion consolante pour la science, qu'il suffira d'un peu de soin et de bonne volonté de la part des fabricans de cristal en France, pour fournir au commerce tout le bon flint-glass dont il pourra

---

pots découverts. Ce n'est pas le lieu d'en détailler tous les motifs: en traitant l'art de la verrerie en totalité, je rendrai cette vérité très-sensible; mais d'après ce que j'ai dit dans cette dissertation, on conçoit suffisamment que l'excès d'oxyde de plomb dans les pots couverts en est la principale cause.

Cependant je suis loin de dire que dans les pots couverts on ne puisse obtenir du bon flint-glass pour l'optique; les Anglais me prouveraient le contraire: je dis seulement qu'il y a plus d'espoir de réussir avec du verre moins dense, fondu dans des pots découverts, et continuellement épurés par l'action de la flamme; je conviens même que le flint-glass plus dense est le meilleur pour la confection des lunettes de spectacles, ou lorgnettes, dans lesquelles, d'après leur peu de longueur et de grossissement, il importe beaucoup plus d'employer un verre dense qu'un verre parfaitement pur. Aussi le flint-glass que j'obtiens par mon travail à pots couverts, est principalement destiné à cet usage.

avoir besoin pour l'optique. De mon côté, je continuerai à en remettre à M. Cauchoix ce qu'il pourra en employer, en le prenant sur le courant de mes fabrications, chaque fois que l'occasion s'en présentera (1).

---

(1) Dans le prochain Numéro nous ferons connaître le rapport qui a été fait à la Classe des Sciences physiques et mathématiques de l'Institut, sur le Mémoire de M. d'Arctiques.

---

## M É M O I R E

*Sur le Gisement des Minerais existans dans le département de Sambre-et-Meuse ;*

Par M. BOUESNEL, Ingénieur ordinaire au Corps impérial des Mines.

M. OMALIUS D'HALLOY a donné, dans les n<sup>os</sup>. 149 et suivans du *Journal des Mines*, un Mémoire sur la Géologie du Nord de la France; il s'est attaché particulièrement à décrire le genre de roches de ces contrées, qu'il regarde comme appartenant au terrain de transition, et il a fait connaître les minerais qui s'y rencontraient. Comme je me trouve placé dans le département de Sambre-et-Meuse, l'un de ceux où le terrain dont il s'agit se manifeste sur une plus grande étendue, j'ai eu occasion de faire quelques observations qu'il ne sera pas déplacé, je crois, d'indiquer ici. Tout ce que je me propose de dire regarde seulement la formation que M. Omalius a appelée *bituminifère*, laquelle constitue la plus grande partie de ce département.

M. Omalius a rangé dans la même formation trois systèmes particuliers de roches; 1<sup>o</sup>. le calcaire fétide qu'il nomme *chaux bituminifère*; 2<sup>o</sup>. le terrain schisteux non houiller; 3<sup>o</sup>. les roches qui accompagnent la houille.

Le calcaire fétide a le tissu compacte; sa couleur varie du gris au noir; il est dur et prend très-bien le poli: quelquefois il est entrecoupé

par des filets blancs de chaux carbonatée laminaire ; d'autres fois il est imprégné de quartz ou d'argile ; on en trouve même des parties entièrement changées en grès quartzeux , et d'autres tellement chargées de sable argileux , que le calcaire est devenu de la marne , en perdant presque toute sa cohérence.

Lorsque la pierre calcaire est sans mélange , c'est l'intensité de la couleur qui détermine sa qualité et qui la rapproche plus ou moins du marbre. Comme elle varie souvent dans les mêmes bancs , il arrive que telles parties sont prises pour du marbre , tandis que d'autres ne servent que pour la bâtisse ou pour faire de la chaux.

Le calcaire fétide est tantôt par couches bien réglées , et tantôt contourné et replié de toutes les manières. On y trouve adossé , mais par places seulement , des marbres rouges non fétides , veinés de chaux carbonatée blanche , et où l'on ne distingue aucune stratification.

Les parties contournées et repliées du calcaire fétide sont celles qui présentent les nombreuses grottes et cavernes que l'on y remarque.

On y trouve quelquefois , en couches subordonnées , du calcaire grenu ; mais ce calcaire , le plus souvent , paraît être composé de grains logés dans une pâte , ce qui le rapprocherait des oolites. J'en ai observé ainsi qui était de couleur grise.

Quelques-uns des bancs du calcaire fétide sont coquillers et renferment des ammonites , etc. ; d'autres contiennent des rognons de silex noir qui y sont engagés comme les silex ordinaires dans la craie ; quelquefois , cependant , ce silex noir

noir forme une couche mince de 0<sup>m</sup>,06 jusqu'à 0<sup>m</sup>,15 d'épaisseur interposée entre les bancs calcaires. Le silex noir n'est pas stratifié , et sa cassure est conchoïde et unie ; je crois , comme M. Omalius , que c'est le kieselschiefer des Allemands.

Les bancs coquillers , et ceux contenant le kieselschiefer , sont des bancs particuliers qui n'ont pas de position déterminée parmi les autres ; des couches de calcaire fétide formant du magnifique marbre noir , se trouvent par-dessus comme par-dessous ces bancs.

J'ai trouvé aussi dans le calcaire fétide , comme il a été remarqué par M. Omalius , le fer sulfuré et la chaux fluatée violette et blanche. Le fer sulfuré pointille souvent même la masse du calcaire ; mais la chaux fluatée ne se voit que parmi les filets de chaux carbonatée qui la traversent.

J'ai analysé un de ces calcaires fétides de couleur grise assez foncée , et je n'y ai pas observé le moindre indice de bitume , mais bien du charbon auquel sa couleur est due , et un gaz très-fétide , que je crois être du gaz hydrogène sulfuré , qui lui donne son odeur , et qui se dégage lorsqu'on le dissout dans l'acide nitrique. J'étais par-là assez porté à conclure que le bitume n'existait dans aucun des calcaires de cette formation , lorsque M. Vaugeois , président de la Cour criminelle , a confirmé cette opinion par la découverte d'une matière qu'il a trouvée entre des bancs de calcaire fétide , dans la principale carrière de Namur. Cette matière , qui semble en quelque sorte servir de passage de l'un de ces bancs à l'autre , est d'un noir foncé , feuille-

tée et luisante; elle tache les doigts en noir; elle fait effervescence avec l'acide nitrique, à cause du calcaire qui y est mélangé, et dont il paraît être très-difficile de l'isoler; elle rougit au feu et au chalumeau sans exhiler de fumée, et par conséquent elle ne contient que du charbon sans bitume. C'est donc un véritable anthracite semblable à celui déjà découvert en petite masse, à Visé, par M. Omalius. J'en donnerai bientôt une analyse exacte.

Le terrain schisteux non houiller est composé de schiste argileux micacé ou talqueux, de couleur grise, jaune ou rouge; de grès à grains fins argilo-quartzeux, un peu micacé ou talqueux, et de grès à gros grains à noyaux et à ciment de quartz, quelquefois cependant argileux et micacé ou talqueux, ayant tous les caractères de la granwacke des Allemands. Les couleurs de ces grès varient comme celles du schiste, et souvent ne sont pas semblables pour la pâte et pour les noyaux. Parmi les noyaux, il y en a qui appartiennent au même kieselschiefer qui se trouve dans le calcaire fétide. Le schiste contient aussi quelquefois des parties de kieselschiefer qui se fondent dans sa pâte; ce dernier kieselschiefer se rapproche du tissu schisteux, et le plus souvent il est imprégné d'argile, au contraire de celui du calcaire fétide, qui en est totalement exempt; sa cassure est aussi moins conchoïde et plus matte que celle du kieselschiefer du terrain calcaire. Enfin, l'on voit quelques bandes minces de kieselschiefer qui sont interposées entre des lits de schiste argileux. Les roches de ce système renferment quelquefois des coquilles

qui ont une grande analogie avec quelques-unes de celles que l'on observe dans le calcaire fétide.

Le terrain schisteux non houiller paraît être ordinairement très-bien réglé; ses couches se continuent avec la même allure sur une étendue très-considérable. On n'y observe aucune grotte ou cavité vide.

Le marbre rouge que nous avons dit être adossé par places au calcaire fétide, se trouve à la jonction de ces deux sortes de terrains.

Les roches qui accompagnent la houille sont le schiste argileux et le grès à grains fins, connu sous le nom de *grès des houillères*. Ce grès est quelquefois totalement quartzeux, et d'autres fois schisteux, argileux et micacé ou talqueux. Le schiste argileux a une couleur grise qui devient plus foncée à mesure qu'il se rapproche de la houille; alors il est souvent imprégné de bitume, et devient du schiste noir bitumineux.

Le schiste argileux, et même le grès lorsqu'il est schisteux, contiennent souvent des impressions de roseaux de diverses espèces, principalement aux approches de la houille; jamais, au contraire, dans ce genre de terrain on ne trouve de coquilles.

M. Vaugeois a aussi observé des grès blancs quartzeux de cette formation, dans lesquels étaient répandues çà et là des portions de filets de schiste houiller, peut-être même de houille.

La houille, avec son schiste argileux et son grès, constitue des systèmes qui se prolongent sur une assez grande longueur, et dont la plus grande largeur est en leur milieu. On peut se former une idée assez juste de leur structure,

en les considérant comme composés d'anneaux demi-ellipsoïdes, enveloppés les uns dans les autres, les parties de ces anneaux situées de l'un des côtés du grand axe de l'ellipsoïde, étant inclinées en sens contraire des parties situées de l'autre côté, et formant ainsi ce que l'on appelle les deux branches d'une même couche; car les plis de ces couches, ou leurs lignes de jonction, ne sont guère horizontaux que vers le milieu du système, et ils se relèvent aux deux extrémités.

Cependant le terrain à houille, indépendamment de ces plis principaux, en forme encore beaucoup d'autres successifs, en vertu desquels ses diverses parties se raccordent en forme de bassins ou de voûtes. Mais ces plis, en prenant pour direction celle du grand axe du demi-ellipsoïde dans l'intérieur duquel ils se produisent, ne changent rien à la forme générale des systèmes qui s'aperçoit, surtout de la manière la plus évidente, à leurs extrémités.

Les trois sortes de terrains que nous venons de décrire ont une direction générale du Nord-Est au Sud-Ouest; les deux premiers se succèdent alternativement, et se placent réciproquement l'un sur l'autre, comme on peut s'en convaincre en particulier, en observant, sur la route de Namur à Dinant, les différentes tranches de ces roches que la vallée de la Meuse présente à découvert. Leur pente générale est au Midi, mais fort variable, ces deux terrains ayant d'abord, près de Namur, une position peu inclinée pour devenir ensuite presque droits, et le calcaire cessant d'ailleurs tout-à-coup, comme nous l'avons dit, de suivre une direction et une pente

réglées pour se bouleverser et se contourner irrégulièrement sur une certaine distance, après laquelle il se rétablit dans sa première allure. Quant au troisième terrain, il ne se trouve jamais qu'au milieu du calcaire dont il est enveloppé de toute part; le plus souvent même, toute la ligne de séparation est masquée par un dépôt de sable blanc, et la configuration de ce terrain semble être plutôt celle d'un bassin rempli, que celle d'un système alternant avec les premiers.

Il s'ensuivrait donc de cet exposé, que le calcaire et le terrain schisteux non houiller seraient contemporains, tandis que le terrain à houille leur serait postérieur. C'est ce que semble confirmer l'absence presque certaine du bitume, et la présence des coquilles dans les deux premiers, tandis que le troisième ne contient que des empreintes végétales inconnues dans les autres. Nous allons faire voir que le gisement des minerais est parfaitement d'accord avec cette opinion.

Les minerais qui se trouvent dans ces roches sont, 1°. La galène ou plomb sulfuré; 2°. le plomb carbonaté; 3°. la blende; 4. la calamine; 5°. le fer oxydé jaune compacte ou pulvérulent; 6°. la pyrite ou fer sulfuré; 7°. le fer argileux rouge; 8°. la pierre d'alun; 9°. la houille. Les cinq premiers sont placés dans des filons. Le sixième se rencontre dans des filons et dans des couches, et les trois derniers sont disposés par couches.

Les gîtes de galène renfermant toutes les autres substances placées en filons, c'est par eux que nous allons commencer. Nous prendrons

prendrons, pour première expérience, celui de Védrin, qui constitue une mine importante.

Le gîte dont il s'agit remplit une grande fente presque verticale, formée à travers des bancs calcaires peu inclinés au Midi, qui composent le terrain environnant. Ce calcaire appartient à la formation du calcaire fétide; parmi ses couches, les unes, d'un gris bleuâtre, sont pures et sans mélange; d'autres contiennent des rognons de kieselschiefer. Il y a aussi des bancs qui sont tellement imprégnés de quartz, que le calcaire ne s'y reconnaît plus, et que ce sont de véritables bancs de grès quartzeux; enfin, l'on voit quelquefois au mur et au toit du gîte, des couches mélangées de sable argileux qui ont perdu leur cohérence et se rapprochent beaucoup de la marne. En général, tout ce calcaire est très-fendillé; il n'est pas toujours bien réglé, et quelquefois même on n'y aperçoit aucune marque de stratification; il se présente alors en forme de pyramides ou pointes séparées placées à côté les unes des autres.

Le gîte a une direction assez constante; mais il n'en est pas de même de sa puissance; en certains endroits, il est tellement étroit qu'à peine il laisse une trace, tandis que dans d'autres, sa largeur passe plusieurs mètres; au milieu de sa longueur connue, il en sort deux branches, dont l'une se montre avec une allure et une puissance bien déterminées, et paraît se prolonger assez loin; l'autre branche n'est qu'un indice qui n'a pas beaucoup de suite.

La composition du gîte est très-variée; dans sa partie supérieure, on ne trouvait que du fer oxydé, d'un brun jaunâtre, en boules, mame-

lons et tubercules formées de couches concentriques, et dispersées dans du fer oxydé pulvérulent ou à l'état d'ocre jaune: ce n'est qu'à quelque distance de la surface qu'on a commencé à y trouver du minerai de plomb. Ce minerai se rencontre le plus souvent dans des veines ou filets qui le contiennent, répandu en grosses et petites boules massives, ou en grains très-fins dans une gangue d'ocre jaune de fer oxydé compacte et d'argile. Les filets ont une allure très-veinée; quelquefois ils sont plats, et d'autres fois droits; mais il est remarquable que leur pente est toujours du même côté que l'inclinaison générale du gîte; leur direction est aussi la même que celle du gîte. Le reste de la masse du gîte est composé d'ocre, d'argile et de fer oxydé compacte, comme la gangue ordinaire des veines; quelquefois cependant ces matières sont plus siliceuses, et même par fois l'on trouve du sable et des fragmens en forme de parallépipèdes de silex rougeâtres et ferrugineux, ou totalement noirs, et ayant tous les caractères du kieselschiefer. Les filets de minerai ne sont pas continus, et leur étendue en longueur et en hauteur est très-bornée; ils se trouvent tantôt près du toit, tantôt près du mur, et quelquefois au milieu même du gîte. En quelques endroits, on les voit entourer des portions de roc calcaire qui ont été comme séparées des parois du gîte; leur épaisseur varie de un à deux mètres; on n'en a jamais qu'un seul sur le même point de la direction du gîte; ils sont ordinairement riches, lorsque la puissance du gîte est bien réglée et ne varie qu'entre deux et quatre mètres du toit au mur; cependant le minerai s'est pré-

senté avec plus d'abondance que partout ailleurs, dans l'intersection des branches où le gîte a une plus grande largeur que celle de quatre mètres. Le minerai en boules est formé de la galène à larges facettes ; celui en grains fins est de la galène mélangée d'ocre et d'un peu de plomb carbonaté terreux. On trouve aussi des aiguilles de plomb carbonaté soyeux dans quelques boules d'ocre jaune un peu plus consistant que celui qui sert ordinairement de gangue au minerai.

La trace d'ocre jaune que le gîte laisse dans ses resserremens disparaît quelquefois, et on ne voit plus que de la chaux carbonatée cristallisée, dont l'apparition dans un endroit quelconque est, par cette raison, toujours regardée comme de mauvais augure : parmi les resserremens, les uns paraissent régner sur toute la hauteur, et d'autres seulement n'existent que sur une partie de la profondeur. Au point où le filon jette deux branches, il se perd entièrement à la surface, et ne réparaît que plus bas, ce qui indiquerait que la fracture du rocher dans lequel il a pris naissance s'y serait opérée très-régulièrement.

Les gangues d'ocre jaune, de fer oxydé compacte et d'argile ne paraissent accompagner le minerai que jusqu'à une moyenne profondeur ; car plus bas la masse du gîte est composée de pyrites. La galène à larges facettes s'y trouve quelquefois répandue, et même assez souvent y forme un filet ou veine distincte ; mais il arrive aussi que ces pyrites sont entièrement stériles. Tantôt elles sont placées par stalactites, à rayons divergens, adhérentes les unes avec les

autres, et tantôt ce ne sont que de petits mameçons répandus dans une terre noire très-pyriteuse : à l'une des extrémités du gîte, on ne trouve maintenant que des débris de schiste noir pyriteux.

Le passage de la gangue de fer oxydé compacte et pulvérulent à celle de pyrite, ne se fait pas brusquement. Cette dernière substance en particules d'abord fines et faiblement brillantes, imprègne peu à peu le minerai jusqu'à ce qu'il finisse par n'avoir plus d'autre gangue. La blende compacte et la calamine viennent alors quelquefois se mêler avec les matières accompagnantes : leurs couleurs sont d'un gris jaunâtre.

Il y a cependant des endroits où l'on n'a jamais vu de pyrite ; mais comme il s'en trouve d'autres où la pyrite a paru depuis le jour, et n'a pas encore cessé à la profondeur de quatre-vingt-huit mètres à laquelle on est descendu, on craint que cette substance ne forme tout le fond du gîte.

A sa seconde extrémité, le gîte quitte entièrement la pierre calcaire pour passer également, à angle droit, dans un terrain de schiste argileux et de grès, l'un et l'autre micacé et talqueux, d'un gris bleuâtre, appartenant au second système de roches que nous avons appelé *terrain schisteux non houiller* ; il y conserve son allure, et le minerai s'y présente, à la profondeur actuelle des travaux, dans une gangue de fer oxydé compacte un peu sulfureux, et enveloppé par des salbandes d'argile très-épaisses.

J'ai analysé le minerai à gangue d'ocre jaune, et j'ai reconnu que cette gangue renfermait de

l'eau combinée ; c'est ainsi un véritable hydrate, de même que tout le fer oxydé qui se trouve en filons. Mais ce qu'il y a de très-remarquable, c'est qu'il se trouve dans cette ocre une matière végétale de la nature de l'extractif, en sorte qu'il semblerait que des végétaux décomposés auraient été amenés avec l'ocre dans le gîte.

Les autres mines de plomb du département ne sont, à proprement parler, que des indices : l'une d'elles est située à Andenelle, commune d'Andenne, et l'autre à Saint-Remi, commune de Rochefort. Elles se trouvent toutes les deux, comme le filon de Védrin, dans une pierre calcaire bleue appartenant au terrain de calcaire fétide. A Andenelle, le filon coupe les bancs calcaires du Nord au Sud, avec une inclinaison vers l'Est moyenne entre 45° et la verticale. A son extrémité connue vers laquelle il est fort puissant, on ne trouve que des pyrites un peu mélangées de galène, tandis qu'au-delà, il prend l'ocre, l'argile et la chaux carbonatée cristallisée pour gangue, en diminuant beaucoup d'épaisseur ; mais ce filon y est sujet à de fréquens resserremens, au point qu'il ne laisse souvent qu'un filet de chaux carbonatée cristallisée. La galène se rencontre dans l'ocre et l'argile en plaques verticales massives, ou seulement par mouches dans de la chaux carbonatée cristallisée placée contre le mur du filon ; quelquefois, et surtout lorsque la chaux carbonatée cristallisée est la seule gangue du gîte, on y trouve, indépendamment de la galène, la calamine et la blende compacte d'une couleur brun-jaunâtre. Les resserremens, de même qu'à Védrin, ne paraissent pas régner également sur toute la hauteur ; lorsque près

de la surface on n'avait qu'un filet de chaux carbonatée imperceptible, on observe quelquefois que plus bas le gîte s'élargit et présente de l'ocre et de l'argile avec de la galène ; mais jusqu'à présent le minerai a été peu abondant : aujourd'hui l'on travaille dans un endroit où le gîte est fort puissant et paraît être entièrement rempli de terres noires schisteuses et pyriteuses.

Les mines de plomb de Saint-Remi consistent en cinq petits filons verticaux et presque parallèles, croisant rectangulairement des bancs de calcaire bleu dirigés du Nord-Est au Sud-Ouest. Leur masse est composée de filets et de rognons de galène à grandes facettes, accompagnés d'ocre, d'argile et de fer oxydé compacte en boules et par couches concentriques. Au mur, l'on observe de la chaux carbonatée cristallisée, et du spath brunissant dans lesquels quelques gros grains de galène sont aussi incrustés. Tous ces filons, qui n'ont guère que 0<sup>m</sup>,33 de puissance, paraissent se terminer en coins dans la profondeur ; car l'on a vu les parois de l'un d'eux se rapprocher à tel point, qu'ils n'ont laissé entre eux qu'une lame de plomb sulfuré de cinq millimètres environ. Les mines de Saint-Remi sont situées à la jonction du calcaire avec un schiste argileux gris appartenant au terrain schisteux non houiller avec lequel ce calcaire alterne.

On a tiré autrefois de la calamine à Andenne, dans la même montagne calcaire qui renferme le plomb. Elle s'y trouve aussi probablement en filon, et peut-être dans une branche accompagnante du gîte de cette mine ; car toutes les observations que j'ai été à portée de faire dans

les départemens voisins, ne permettent pas de douter que les gîtes de la matière dont il s'agit ne soient postérieurs aux couches des montagnes qui les recèlent. Par exemple, la mine de calamine de la vieille-montagne du Limbourg, remplit une énorme crevasse au milieu du calcaire bleu qui l'enveloppe de toute part, et il en est de même des mines de calamine du département de la Roër, dont la composition se rapproche beaucoup de celle du filon de Védryn, puisque la partie supérieure est de la mine de fer de même nature et de même gisement; que ce n'est qu'à une moyenne profondeur qu'on y trouve du plomb sulfuré, et que le calcaire qui sert de mur et de toit à la bande calaminaire, présente quelquefois des couches imprégnées d'argile et presque à l'état de sable.

Les mines de fer oxydé jaune se rencontrent très-abondamment dans le département: les deux arrondissemens de Namur et de Dinant en renferment des gîtes très-nombreux, qui fournissent toute la mine dite *de fer fort*, employée par les hauts fourneaux du pays. Ces gîtes sont tous absolument semblables; ce sont des crevasses ou fentes remplies qui traversent les bancs calcaires et ont une direction parallèle à peu près. Quelquefois, cependant, ces filons sont fort irréguliers, et leur puissance varie à tel point, que souvent il est difficile de juger si la suite des cavités remplies qu'elle présente appartiennent au même gîte. Le calcaire qui les encasse est tantôt par couches bien réglées, et tantôt mal stratifié, pénétré de sable argileux et presque sans consistance, tandis que d'autres fois il est changé entièrement en grès quartzeux

compacte, absolument comme pour les mines de plomb.

Le minerai a aussi partout la même disposition: ce sont des boules, mamelons et tubercules, passant à l'hématite, d'un jaune brunâtre, par couches concentriques, renfermant dans leur intérieur, quelquefois un noyau d'argile, et d'autres fois une cavité vide ou remplie d'eau. Ces masses rondes et tuberculeuses sont de toute grosseur, et répandues avec plus ou moins de suite, dans de l'ocre jaune, de l'argile pure et du sable argileux. Il y a des places où l'on ne trouve absolument que de la gangue, ce qui fait dire que le minerai n'existe que par nids. Quoique ces minerais renferment tous les mêmes principes, on conçoit que, surtout en raison des gangues qui accompagnent en plus grande abondance le minerai menu, les proportions de ces principes doivent varier, en sorte qu'on est obligé de chercher la quantité des uns et des autres qu'il faut mélanger ensemble pour avoir une composition fusible, et rendant à peu près au fourneau le même produit. Il y a de ces filons dans lesquels le sable argileux accompagnant renferme quelquefois des rognons de kieselschiefer noir ou blanchâtres; d'autres qui, dans quelques places, contiennent le fer oxydé en noyaux ovales, massifs, dispersés dans l'argile, et quelques-uns dans lesquels, arrivé à une moyenne profondeur, on rencontre des filets ou des nids de galène, avec de l'ocre pénétrée par des aiguilles de plomb carbonaté. On peut même assurer que la plupart des filons contiennent des minerais de plomb et de zinc, puisque dans presque tous les fourneaux on

trouve, après le sondage, plus ou moins de plomb réduit dans le creuset, et qu'il se forme dans le haut un produit presque entièrement composé d'oxyde de zinc et d'un peu d'oxyde de plomb qu'on est obligé d'abattre de tems à autre, ainsi que je l'ai fait voir dans un Mémoire particulier. Il existe aussi de ces filons où l'on trouve des terres noires schisteuses et pyriteuses, et d'autres renfermant, sous la mine de fer, des masses de fer sulfuré en stalactites rayonnées qui semblent occuper le fond de ces gîtes. La pyrite se présente même en mélange avec la mine de fer; car on en a observé qui formait noyau au centre des boules de cette mine. En général, le gisement des minerais de fer oxydé jaune est le même que celui des mines de plomb: l'on en a une preuve évidente dans le filon de Védrin, qui a d'abord été exploité comme mine de fer, avant de l'être comme mine de plomb.

Les filons de fer oxydé jaunes de l'arrondissement de Namur sont situés à Champion, Gelbresée, Bonines, Emines et Marchovlette; ils marchent parallèlement à celui de la mine de plomb de Védrin, et leur épaisseur varie depuis un jusqu'à plusieurs mètres. Ceux de l'arrondissement de Dinant sont très-puissans, ayant jusqu'à 50 et même 100 mètres de largeur en quelques endroits; ils se trouvent à Yves, Florennes, Morialmé, Saint-Aubin, Frère-la-Grande, etc., et traversent, comme les premiers, des bancs de pierre calcaire. C'est dans les filons des bois de Florennes sur Saint-Aubin, que l'on a observé les terres noires pyriteuses, la pyrite ou fer sulfuré en masses, et la mine de fer oxydé en forme de noyaux ovales massifs, pré-

cisement à côté d'une place où on la tirait dans le même filon, et à une profondeur semblable, sous sa forme ordinaire.

On trouve encore des filons de fer oxydé jaune dans les arrondissemens de Marche et de Saint-Hubert, à Jemelle, Wavreille, Ambly, etc. A Jemelle, on en a retiré des morceaux qui formaient de superbes stalactites imitant le bois pétrifié. Ces filons donnent aussi, de tems à autre, quelques rognons de plomb sulfuré à grandes facettes. On ne doit cependant pas les considérer comme susceptibles de fournir beaucoup de mines de fer, puisque tous ensemble suffisent à peine pour alimenter un haut fourneau situé à Saint-Hubert.

Nous avons déjà dit que le fer oxydé jaune est un hydrate de fer au *maximum*.

Le fer argileux rouge ne consiste, en quelque sorte, qu'en un schiste argileux imprégné de ce minerai; il est feuilleté et composé de grains très-fins; il contient beaucoup d'empreintes de coquillages, et forme des couches subordonnées dans le terrain schisteux non houiller. Il y a dans le département deux mines principales de cette espèce; la première est le grand banc qui passe dans la commune de Daves, et se prolonge jusque près de Huy, dans la commune d'Ahin. La seconde est la mine de fer de Daussoult, en deux bancs distincts placés dans cette bande de terrain schisteux que le filon de Védrin a pénétré à l'une de ses extrémités, et vers laquelle tous les filons de mine de fer fort de l'arrondissement de Namur viennent tendre. Cette mine de fer se prolonge assez loin sur la rive gauche de la Meuse, dans le département de l'Ourte.

A Daussoult, avant d'y arriver, on a à traverser des bancs de grès gris à grains fins et serrés, argilo-quartzeux, parseinés de paillettes de mica ou talc, et des bancs de schiste argileux bleuâtre quartzeux et très-dur, après quoi l'on trouve les deux bancs de fer oxydé grenu, de 0<sup>m</sup>,33 d'épaisseur chacun, séparés l'un de l'autre par un banc de schiste argileux bleuâtre de même nature que les premiers. Les bancs de grès gris sont rendus distincts les uns des autres, par un lit extrêmement mince de schiste très-micacé, ayant l'aspect d'une feuille de talc. On ne sait pas encore si le filon de Védtrin se prolonge jusqu'aux bancs de la mine de fer rouge.

Le minéral grenu rouge ne contient pas d'eau, et appartient à l'espèce des fers oxydés rouges. Dans le pays, on l'appelle *mine de fer tendre*, parce que le fer que l'on en obtient est cassant à froid.

La pierre d'alun est un schiste noir sulfureux, en feuillets plus ou moins tendres, qui ont la propriété de s'effleurir à l'air, surtout lorsqu'ils ont été préalablement grillés. Cette pierre est disposée par couches près du calcaire fétide, et semble former les premiers anneaux du terrain houiller qui la suit toujours immédiatement. On observe quelquefois, dans les lits de schiste alumineux, des parcelles de gypse ou chaux sulfatée laminaire. On ne connaît dans le département qu'un seul indice de pierre d'alun : cette mine se trouve sur la commune d'Andennes où on l'a autrefois exploitée.

La houille existe abondamment dans le département ; mais quoique les roches qui l'accompagnent soient les mêmes que dans les départemens

temens voisins, et qu'ainsi elle ait le même gisement, la qualité de la matière est très-différente ; elle est le plus souvent pulvérulente, plus ou moins mélangée de schiste, peu bitumineuse, et fort sulfureuse. Dans ses couches, l'on trouve de nombreux rognons de schiste très-imprégné de fer sulfuré jaune, souvent même composés de fer sulfuré pur, et quelquefois de grès argilo-quartzeux. Ce n'est guère que dans les mines voisines du département de Jemmapes, que la qualité de la houille est meilleure, quoique cette substance soit toujours maigre ou peu bitumineuse. Il s'en trouve alors des couches entièrement formées de houille dure. Dans une notice insérée dans le n<sup>o</sup>. 151 du *Journal des Mines*, nous avons fait connaître les endroits où les mines de houille étaient situées ; mais au lieu des trois bassins principaux que nous avons indiqués, il faut en compter quatre ; car la bande houillère qui vient du département de Jemmapes, finit décidément à Jambes et Erpent, tandis que les houillères d'Haltinnes, Andenne et Bein, forment le commencement d'une nouvelle bande. Cette quatrième série est séparée de celle que nous avons désignée sous le nom de *bande de sclayn*, seulement par une zone calcaire, dont la largeur, du moins près de la naissance des bandes houillères, n'a pas plus de  $\frac{1}{2}$  d'heure. C'est dans cette montagne calcaire qu'est situé le filon de plomb d'Andenne que nous avons décrit, lequel en croisant rectangulairement les bancs calcaires, commence précisément contre la bande houillère de sclayn, qu'il ne pénètre pas, et ira probablement se terminer à la seconde bande houil-

lère. On voit vers le commencement du filon, les bancs calcaires inclinés au Nord, c'est-à-dire, du même côté où ils paraissent servir d'appui au bassin houiller contre lequel ce filon a son origine. Nous ajouterons que le premier anneau de la bande houillère de sclayn, vers le calcaire, paraît être la partie du terrain renfermant les schistes alumineux que nous avons dit avoir été autrefois exploités dans la commune d'Andenne.

Les bassins houillers du département présentent, à leurs naissances, parfaitement la forme que nous avons assignée; on y voit chaque couche de houille composée de deux branches, l'une droite inclinée au Nord, et l'autre plus plate inclinée au Midi, qui se joignent dans un pli courbe, n'offrant aucune apparence de fracture. Ce pli tourne sa convexité et remonte du côté des naissances, de manière que toutes les couches sont enveloppées les unes dans les autres; cependant, comme nous l'avons dit, les branches de ces couches ne continuent pas toujours d'être dirigées sur une seule ligne; mais elles se plissent pour former de nouveaux droits et plats, en prenant à leur ligne de jonction des directions à peu près semblables à celles des grands axes des bassins; ces lignes de jonction sont presque toujours inclinées et remontent quelquefois alternativement vers l'une et vers l'autre extrémité du grand axe, en figurant horizontalement et verticalement une suite de zigzags.

Indépendamment des plis et replis des couches, on observe souvent d'autres accidens, dont les principaux sont une grande augmentation de puissance, et des resserremens plus

ou moins fréquens: ceux-ci sont tels quelquefois que la couche de houille ne laisse alors qu'une trace. J'ai aussi observé des rejets de couches ou failles; mais c'est dans les bassins houillers des départemens voisins qu'il faut aller pour s'en faire une idée nette. Ces sortes d'accidens, en vertu desquels tout un ensemble de couches de houille et des roches accompagnantes descend au-dessous de sa position primitive, peuvent très-bien s'expliquer, sans admettre qu'il se soit formé des fentes remplies après coup, et en effet, aucunes des failles que j'ai observées ne présentent de matières étrangères au terrain houiller; elles sont au contraire composées du même schiste environnant, un peu bouleversé, et dans lequel une trace sinueuse de la houille persiste toujours, et conduit à la couche rejetée. En général, le saut qu'ont fait les couches est annoncé de loin, le schiste du toit et du mur devenant seulement un peu brouillé, et manifestant cette faille prochaine par des taches blanches, dont le nombre va successivement en augmentant jusqu'au milieu de la faille.

Si nous résumons présentement les faits que les détails du gisement des minerais nous ont offerts, nous verrons que le terrain de calcaire fétide renferme un très-grand nombre de filons qui ont été tous formés dans les mêmes circonstances, et que l'un de ces filons étant reconnu pénétrer dans le terrain schisteux non houiller, il se produit une nouvelle preuve de ce que nous avons conclu uniquement de la position réciproque de ces roches, c'est-à-dire, de leur formation contemporaine; qu'au contraire, le terrain houiller n'étant traversé par aucun des gîtes

de minéral dont il s'agit, ni même par des filons proprement dits d'aucune espèce, paraît constituer un système à part dont la formation a eu lieu à une autre époque.

Il est difficile de déterminer s'il s'est passé beaucoup de tems entre la production de ces deux formations de terrains ; mais il est certain que le terrain à houille, de même que le calcaire fétide et le terrain schisteux non houiller, est antérieur à la formation tertiaire, appelée par M. Omalius, *formation horizontale* ; cette dernière étant toujours appliquée sur les précédentes, par superposition rompue.

Les filons que nous avons fait connaître sont très-remarquables par la manière d'être des minerais qui y sont renfermés ; leur formation paraît être due à la fois à la cristallisation et aux sédimens.

*Note sur le Mémoire de M. BOUESNEL ;*

Par J. J. OMALIUS D'HALLOY.

LE Mémoire de M. Bouësnel sera certainement lu avec cet intérêt qu'inspirent toujours des recherches aussi exactes et exposées avec tant de netteté. J'ai vu avec le plus grand plaisir, que cet habile observateur confirmait la manière dont j'ai envisagé le sol de cette contrée, car j'observerai que je suis même d'accord avec M. Bouësnel sur le point où ce minéralogiste annonce une opinion différente de la mienne, c'est-à-dire, sur le rapport qui peut exister entre la houille et le calcaire bleuâtre. Je disais à cet égard, dans mon Essai (*Journal des Mines*, tom. 24, pag. 292), « Qu'il est bien probable que » le terrain houiller rempli de végétaux n'a pas » été formé sous les mêmes circonstances que » les couches calcaires qui abondent en débris » marins ». A la vérité, le défaut de caractère bien tranché m'avait engagé à comprendre ces deux terrains sous le titre d'une même formation ; mais on sait que ce mot de formation, comme tous les noms génériques, a une signification plus ou moins resserrée, et qu'il suffit, pour qu'il soit appliqué avec exactitude, qu'il ne contrarie pas l'ordre des superpositions : c'est ainsi que les auteurs du beau travail sur les environs de Paris ont réuni, sous le titre de formation gypseuse, des couches contenant des coquilles marines, et d'autres qui recèlent des coquilles d'eau douce. Considéré de cette manière, j'ai l'avantage de me rapporter parfaitement

avec M. Boüesnel, qui pense, comme moi, que les houilles sont plus anciennes que les terrains horizontaux de la Flandre.

Il paraît cependant qu'il y a quelques rapports de formation entre certaines houilles schisteuses et les marbres gris ou calcaires fétides; car en général, dans tous les pays où existent ces derniers, on trouve des mines ou des indices de mines de houille schisteuse. C'est notamment ce qu'on remarque dans la vallée de l'Arve (Mont-Blanc), dans les Alpes-Maritimes, dans les Cordillères et la Montagne-Noire (Aude), dans les départemens de l'Ouest, etc. M. de Bonnard, dans son intéressant aperçu sur les terrains houillers du Nord de la France (*Journal des Mines*, tome 26, pag. 421), remarque que « le calcaire » semble servir de toit et de mur à la formation » du terrain houiller, et ajoute même, que les » rapports de ce calcaire avec les roches de tran- » sition, annonceraient qu'il faut aussi ranger » parmi ces roches la première et principale » formation des houilles, comme le pensent » quelques géognostes ».

M. Boüesnel a fait une observation très-importante, qui jette une grande lumière sur cette question, en constatant que les filons métallifères ne pénètrent pas dans le terrain houiller. Des considérations d'un autre genre m'avaient presque amené au même résultat, lorsque j'indiquais (pag. 283 et 290), que le terrain métallifère paraissait être le plus ancien de la formation; mais je n'avais aucun fait positif à donner en faveur de cette opinion.

Une autre observation très-utile à la géologie, est l'absence des coquilles dans le terrain houil-

ler du Nord de la France. Cette observation n'est pas neuve, mais ne saurait être trop souvent vérifiée, puisqu'elle fournira un caractère de plus, pour distinguer cette formation de houille schisteuse de la houille limoneuse (letten kohle), accompagnée de coquilles marines qu'on trouve dans les pays de calcaire en couches arquées, analogue à celui du Jura.

M. Boüesnel a prouvé par l'analyse, l'inexactitude de l'épithète de *bituminifère* que j'avais employée pour désigner le calcaire bleuâtre; je partage son opinion avec d'autant plus de plaisir, que j'avais déjà dit l'année dernière (*Journal des Mines*, tom. 28, pag. 180), « que » cette dénomination était défectueuse, puisque » la couleur bleuâtre paraît due à un principe » qui, quoique constamment carbonneux, ne » peut pas être toujours considéré comme bitumi- » neux ». J'observerai seulement, pour ma justification, que je l'avais puisée dans les Traités de minéralogie où le marbre noir de Dinant est toujours cité comme un des types de la chaux carbonatée bituminifère. Or on sait que ce marbre n'est qu'une variété plus foncée en couleur du marbre gris ou calcaire ordinaire.

Je ne partage pas tout à fait l'opinion de M. Boüesnel, lorsqu'il dit que les marbres rouges sont seulement adossés au calcaire fétide, et qu'on n'y voit pas d'indice de stratification. Cette disposition est effectivement celle de la carrière de Saint-Remy, et peut-être de plusieurs autres; mais j'ai observé, notamment dans le vallon de Leffe, près Dinant, et aux environs de Ciney, ce calcaire rougeâtre en couches régulières au milieu des marbres gris.

*Extrait d'une Lettre de CHARLES SILVESTER  
à NICKOLSON (1).*

*I. Sur quelques propriétés du zinc.*

LORSQUE j'ai eu le plaisir de vous entretenir du zinc malléable, je ne connaissais pas encore tout le parti qu'on peut tirer de ce métal, quoique j'eusse déjà acquis l'expérience de la facilité avec laquelle on peut en former des vases. Il me manquait encore des expériences sur les changemens que le zinc éprouve par l'action réunie de l'eau et de l'air. D'après la grande affinité qu'il a pour l'oxygène, il était à craindre qu'il ne s'oxydât trop facilement, et que dans beaucoup de cas, on ne pût en faire usage. Au grand étonnement des théoriciens, ce fut tout le contraire qui arriva.

Plusieurs morceaux de zinc préparés, partie en feuilles, partie en fil, et qui avaient été mis à l'air dans des lieux humides, n'éprouvèrent de changemens que dans leur couleur. Il est cependant reconnu que du zinc poli qui a resté quelques semaines dans une chambre humide, sans être préservé de l'accès de l'air, perd son éclat et prend une couleur matte d'un vert bleuâtre. La couche d'oxyde dont il se

(1) Cette Lettre a été écrite dans le courant de l'année 1808. Elle est extraite du Journal de Gehlen.

couvre est d'une épaisseur presque imperceptible, et si dure et si indissoluble, qu'elle le préserve de tous les effets ultérieurs de l'eau et de l'air.

Je me suis convaincu par beaucoup d'expériences, que l'eau de la mer attaque bien moins le zinc que le cuivre; il en est de même de fortes dissolutions de muriate de soude. Il n'y a donc pas de doute que le zinc peut servir à doubler les vaisseaux.

Sous beaucoup de rapports, il est préférable au plomb et au cuivre pour couvrir des toits, des réservoirs, des pompes et des tuyaux; car il est aussi durable qu'aucun de ces métaux sans avoir leurs qualités nuisibles. Il s'aplanit et se soude aussi facilement que les feuilles de plomb et que la tôle de cuivre ou de fer; et le potier d'étain, le plombier et le ferblantier peuvent également travailler ce métal. La pesanteur spécifique du zinc est à celle du plomb comme 7:11, et il a une cohérence quinze fois plus grande que le plomb: cela le rend d'un usage beaucoup plus économique que ce dernier métal. Des feuilles de zinc, qui ne sont que le septième de l'épaisseur des feuilles de plomb, et qui ont la même superficie, ne coûtent que le tiers. L'économie qu'on peut faire par rapport au prix du cuivre est encore plus considérable.

On fait à présent des lames de zinc en feuilles qui ont 2 pieds de largeur et 4 pieds de longueur, et on le rend si mince au laminoir que le pied carré ne pèse que 6 onces.

Philippe George, à Bristol; Harvey et Galden, à Londres, font le commerce de lames et de fil.

de zinc de plusieurs dimensions. Ils fabriquent aussi des vases et de la vaisselle de zinc dans les formes qu'on désire; ils se chargent de la couverture des toits et d'autres ouvrages avec des lames de zinc.

II. *Expériences sur les toitures en zinc, par F. Tandell.*

Dès que MM. Stobson et Silvester, à Sheffield, eurent publié leur découverte sur le zinc parfaitement extensible, lorsqu'on le forge dans une chaleur entre 210° jusqu'à 300° F, les fabriques anglaises ont commencé à se servir du zinc avec un tel succès, que ce métal, dont autrefois on ne tirait aucun parti, est travaillé et vendu en lames comme le cuivre. Il y a à peu près deux ans que j'essayai s'il ne pouvait pas servir à la couverture des toits: cela me paraissait d'autant plus important, que le prix du plomb et du cuivre est monté si haut, que pour bien des usages on ne peut presque plus s'en servir. A cette fin, je fis faire dans un endroit très-exposé aux injures du temps, un bâtiment simple en charpente, et je le couvris avec des lames de zinc, comme on l'aurait fait avec du plomb. Jusqu'à présent le zinc n'a pas changé sensiblement, sa couleur est seulement devenue plus foncée. Il ne paraît pas oxydé, et on n'aperçoit pas à sa superficie les inégalités qu'on voit sur les toits, qui sont couverts en plaques minces de cuivre ou de plomb; il est cependant nécessaire de poser le zinc d'une manière différente que le plomb, parce qu'il peut avoir conservé un peu de fragilité, et en l'ajustant avec

le marteau, on pourrait occasionner des fentes. Les agraffes ne doivent pas être cylindriques, mais ressembler à une cimaise renversée. J'avais pris dans cet essai toutes les précautions possibles pour les poser convenablement, et la dépense ne montait, y compris le changement des agraffes, qu'à un schelling trois pences sterlings, sur un pied en carré de superficie. Il paraît d'après cela, que des toits de zinc ne coûteront pas plus qu'une autre toiture solide, et seulement le tiers d'une couverture de plomb; encore l'architecte peut-il employer une charpente plus faible, puisque le zinc est plus léger que le plomb.

On trouvera le zinc très-propre et très-économique pour des tuyaux et des conduits d'eau. On pourra l'employer sans doute pour doubler les vaisseaux, et pour tout ce qu'on a fait jusqu'à présent avec des lames de plomb ou de cuivre. Sa dureté est, d'après Thomson,  $6\frac{1}{2}$ , celle du plomb étant seulement  $5\frac{1}{2}$ . Il ne se fond qu'à 700° F, le plomb se fond déjà à 570° F. Le nom de zinc vient de Paracelse; on l'a aussi nommé *Spelter*. Il était déjà connu des Romains, qui s'en servait particulièrement pour des alliages.

III. *Fausse dorure avec le zinc.*

Sous le titre: *Gildings by means of zinc*, M. Nickolson nous rapporte dans son *Journal, of nat. Philos. febr. 1807*, qu'un naturaliste très-instruit et très-zélé qu'il ne nomme point, parce qu'il n'a pas eu l'occasion de lui en demander la permission, lui a communiqué la nouvelle, que la belle dorure des petits

ouvrages qu'on trouve à présent en si grande quantité dans les boutiques de Londres, et qui est plus belle et moins chère que tout ce qu'on a fait autrefois dans ce genre, n'est autre chose qu'un enduit de cuivre jaune qui se forme par un précipité de zinc sur cuivre.

Voici le procédé qu'on emploie : prenez une partie de zinc et douze parties de mercure ; faites-en un amalgame doux et tendre ; il sera encore mieux d'y ajouter un peu d'or. Nettoyez la petite pièce de cuivre soigneusement avec de l'acide nitrique ; mettez alors l'amalgame dans de l'acide muriatique, et ajoutez de l'argal (nom qu'on donne en Angleterre, dans le commerce, au tartre brut). Il ne faut pas employer le tartre purifié. Faites bouillir le cuivre, nettoyé dans cette dissolution, et il sera très-bien doré. Du fil de cuivre qu'on a doré de cette manière, se laisse tirer jusqu'à la grosseur d'un cheveu, ce dont le cuivre seul ne serait pas capable. On se sert de ce fil pour faire des dentelles d'or, des galons, des épaulettes et beaucoup d'autres choses.

La théorie de ce procédé paraît être la même que celle du blanchissement des épingles, et ce procédé est vraisemblablement susceptible d'un usage beaucoup plus multiplié que ceux qu'on en a fait jusqu'à ce jour.

## DÉCRETS IMPÉRIAUX,

*Et principaux Actes émanés du Gouvernement, sur les Mines, Minières, Usines, Salines et Carrieres, pendant les trois premiers mois de l'année 1811.*

Arrêté de S. Exc. le Ministre de l'Intérieur, relatif à la confection des plans d'usines et cours d'eau en dépendans. — Du 4 février 1811. Plans d'usines et cours d'eau.

LE Ministre de l'Intérieur,

Sur le rapport de M. Conseiller d'État directeur-général des mines, le Conseil des Mines entendu, arrête :

Art. 1. L'expression du §. 8 de l'instruction ministérielle du 3 août 1810, qui prescrit la confection des plans d'usines et cours d'eau en dépendans, sur une échelle d'un millimètre pour dix mètres, est rapportée comme erronée (1).

2. Ces plans devront être tracés, savoir, les plans généraux d'usines et cours d'eau en dépendans, sur une échelle de deux millimètres pour mètre, ou  $\frac{2}{100}$ ème; et les plans de détails, sur une échelle cinq fois plus grande, ou de  $\frac{2}{10}$ ème de mèt.

Signé MONTALIVET.

Décret portant autorisation de reconstruire un martinet à clous, dans la commune de Sentenac (Arriège). Martinet à clous.  
— Du 15 février 1811.

NAPOLÉON, EMPEREUR DES FRANÇAIS, ROI D'ITALIE, PROTECTEUR DE LA CONFÉDÉRATION DU RHIN, etc. etc. etc.

Sur le rapport de notre Ministre de l'Intérieur,

Notre Conseil d'État entendu, nous avons décrété et décrétons ce qui suit :

Art. 1. Il est permis au sieur Lafont, propriétaire d'une forge en la commune de Sentenac, département de l'Arriège, de reconstruire un martinet à clous, près de ladite

(1) Voyez le Journal des Mines, tom. 28, n°. 164, pag. 146.

forge, et dans l'emplacement désigné au plan joint au présent décret.

2. Ce martinet sera reconstruit à la distance de huit à dix mètres de la forge, et les travaux seront vérifiés par l'ingénieur des mines, qui en fera son rapport.

3. Le sieur Lafont ne pourra transporter ce martinet, ni le transformer en une autre usine, sans avoir obtenu une nouvelle permission.

4. Il paiera à titre de taxe fixe, et pour une fois seulement, la somme de deux cents francs.

5. Nos Ministres de l'Intérieur et des Finances sont chargés de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au Bulletin des Lois.

Signé NAPOLÉON.

PAR L'EMPEREUR: le Ministre Secrétaire d'Etat,

Signé H. B., Duc de Bassano.

Haut four-  
neau et for-  
ge à traiter  
le fer.

Décret portant autorisation de reconstruire un haut fourneau et une forge à traiter le fer, à Champroux, dans la commune de Pouzy (Allier). — Du 20 février 1811.

NAPOLÉON, EMPEREUR DES FRANÇAIS, etc. etc. etc.

Sur le rapport de notre Ministre de l'Intérieur, Notre Conseil d'Etat entendu, nous avons décrété et décrétons ce qui suit :

Art. 1. Le sieur André-Marie Sinety, demeurant à Neureux, arrondissement de Moulins, département de l'Allier, est autorisé à reconstruire dans sa propriété de Champroux, commune de Pouzy, même arrondissement, et sur l'emplacement désigné au plan annexé au présent décret, un haut fourneau et une forge à traiter le fer, en remplacement de la verrerie qu'il a supprimée dans ladite propriété.

2. Avant la reconstruction, le sieur Sinety fera dresser le plan, en triple expédition, de construction et élévation desdites usines. Ce plan, vérifié par l'ingénieur des mines, visé par le préfet, sera soumis à l'approbation du Directeur-général des mines, et le sieur Sinety tenu de s'y conformer.

3. Les usines autorisées par le présent décret, seront construites et mises en état d'activité dans le délai d'une année, à dater du présent décret, sous peine de révocation.

4. Le sieur Sinety ne pourra augmenter lesdites usines, les transformer ou les transporter ailleurs, sans une autorisation spéciale, à peine de révocation du présent décret.

5. Il sera tenu, avant de faire usage de la présente autorisation, de payer es-mains du receveur des domaines de l'arrondissement, la somme de trois cents francs, à titre de taxe, une fois payée.

6. Il se conformera aux lois et à tous réglemens et instructions intervenus et à intervenir sur les mines et usines, sous toutes les peines de droit.

7. Nos Ministres de l'Intérieur et des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Décret qui accorde une pension de retraite à M. Guillot Duhamel, ex-Inspecteur des Mines. — Du 16 mars 1811. Pension de retraite.

NAPOLÉON, EMPEREUR DES FRANÇAIS, etc. etc. etc.

Sur le rapport de notre Ministre de l'Intérieur,

Vu le titre 9 de notre décret d'organisation du Corps impérial des Mines, du 18 novembre 1810, relatif aux retraites et pensions,

Nous avons décrété et décrétons ce qui suit :

Art. 1. Il est accordé au sieur Guillot Duhamel, ex-inspecteur des mines, une pension de retraite de la somme de trois mille huit cents francs.

2. Cette pension de retraite courra du premier janvier 1811, et sera acquittée par la caisse d'amortissement, des fonds provenant de la retenue destinée aux retraites des ingénieurs; elle sera payée par trimestre.

3. Notre Ministre de l'Intérieur est chargé de l'exécution du présent décret.

Pension de retraite. *Décret qui accorde une pension de retraite à M. Monnet, ex-Inspecteur des Mines. — Du 16 mars 1811.*

NAPOLÉON, EMPEREUR DES FRANÇAIS, etc. etc. etc.

Vu le titre 9 de notre décret, etc. etc.

Nous avons décrété et décrétons ce qui suit :

Art. 1. Il est accordé au sieur Monnet, ex-inspecteur des mines, une pension de retraite de la somme de trois mille quatre cents francs.

2. Cette pension de retraite courra du premier janvier 1811, et sera acquittée par la caisse d'amortissement, des fonds provenant de la retenue destinée aux retraites des ingénieurs; elle sera payée par trimestre.

3. Notre Ministre de l'Intérieur est chargé de l'exécution du présent décret.

---

*Note des Rédacteurs.*

Les soins que M. le Directeur-général des Mines a pris de fixer l'attention du Gouvernement sur les services par lesquels nos deux plus anciens Inspecteurs se sont rendus si recommandables, ont vivement excité la reconnaissance de tout le Corps des Mines, qui a vu, avec la plus grande satisfaction, les récompenses accordées à MM. Duhamel et Monnet, et qui a trouvé dans ces mêmes récompenses, un nouveau témoignage de la bienveillance dont S. M. l'Empereur daigne l'honorer.

MM. Duhamel et Monnet sont trop connus pour que nous nous arrêtions, long-tems ici, à faire leur éloge. Il nous suffira d'ajouter qu'ils ont puissamment contribué à faire prospérer les mines en France, non-seulement par la manière dont ils ont rempli les missions qui leur ont été confiées, mais encore par les écrits, justement appréciés des savans français et étrangers, qu'ils ont publiés sur l'Art des Mines.

---

## JOURNAL DES MINES.

N<sup>o</sup>. 172. AVRIL 1811.

---

### AVERTISSEMENT.

Toutes les personnes qui ont participé jusqu'à présent, ou qui voudraient participer par la suite, au *Journal des Mines*, soit par leur correspondance, soit par l'envoi de Mémoires et Ouvrages relatifs à la Minéralogie et aux diverses Sciences qui se rapportent à l'Art des Mines et qui tendent à son perfectionnement, sont invitées à faire parvenir leurs Lettres et Mémoires, sous le couvert de M. le Conseiller d'Etat Directeur-général des Mines, à M. Gillet-Laumont, Inspecteur-général des Mines. Cet Inspecteur est particulièrement chargé, avec M. Tremery, Ingénieur des Mines, du travail à présenter à M. le Directeur-général, sur le choix des Mémoires, soit scientifiques, soit administratifs, qui doivent entrer dans la composition du *Journal des Mines*; et sur tout ce qui concerne la publication de cet Ouvrage.

---

### STATISTIQUE MINÉRALOGIQUE

#### DU DÉPARTEMENT DE LA DOIRE.

Par M. D'AUBUISSON, Ingénieur en chef au Corps impérial des Mines.

LE département de la Doire, qui faisait autrefois partie du Piémont, est formé du duché d'Aoste, et du Canavois dont Ivryée était la capitale.

Il s'étend entre les 45° 8' et les 46° de latitude; et entre les 4° 17' et les 5° 34' de longitude, à l'Ouest du méridien de Paris.

Volume 29.

Q

Nous diviserons en trois parties sa statistique minéralogique : dans la première, nous ferons connaître sa *constitution physique* ; dans la seconde, nous donnerons un aperçu de sa *constitution minéralogique* ; et la troisième traitera des mines et autres établissemens métallurgiques actuellement en activité.

## PREMIÈRE PARTIE.

### *Constitution physique.*

Sous le nom de *constitution physique* d'un pays, nous comprenons ce qui est relatif aux inégalités du sol, et aux effets qui en résultent sur le cours des eaux, le climat, etc.

Position  
topographi-  
que.

La chaîne des Alpes qui sépare l'Italie de l'Allemagne et de la Suisse, s'étend de l'E. N. E. à l'O. S. O. jusqu'au Mont-Blanc : au-delà de cette montagne, elle change de direction, et tourne brusquement vers le midi : c'est dans l'angle, ou l'intérieur du coude qu'elle forme, en se repliant ainsi, qu'est placé le département de la Doire. Sa surface est à peu près carrée, et comprend environ 5500 kilomètres carrés.

Ses limites sont :

Limites.

1°. Au Nord, le faite des *Alpes Pennines*. Ces Alpes sont celles comprises entre le Mont-Rose, et le Mont-Blanc inclusivement : leur nom vient du mot Celte *penn*, qui signifie montagne. Au milieu de celles dont nous parlons, qui sont les plus élevées de l'Europe, sur le haut du passage du Grand-Saint-Bernard, se trouvait un temple consacré au Dieu des montagnes, que les Romains, d'après les Celtes,

appelèrent *Deus Penninus*, et ensuite *Jovis Penninus*. De là la dénomination d'*Alpes Pennines*. César les nommaient *Alpes summae*.

2°. A l'Ouest, depuis le Mont-Blanc jusqu'au Mont-Iseran, le faite des *Alpes Graies* (*Alpes grajæ*), qui se prolongent ensuite jusqu'au Mont-Cenis.

3°. Au Sud, une ligne menée du sommet du Mont-Iseran, sur la crête du rameau des montagnes qui séparent la vallée de l'Orco, de la vallée de la Stura. Du pied de ce rameau, la ligne se prolonge quelque tems le long du Melon ; et puis, traversant les plaines du Piémont, elle aboutit perpendiculairement au Pô, qu'elle suit ensuite jusqu'au confluent de la *Doire-Baltée*, qui a donné son nom au département.

4°. A l'Est, la crête du rameau qui se détache du Mont-Rose, et se dirige vers le Sud. Du pied de ce rameau, la ligne de démarcation longe les sommités des collines qui dominent la rive gauche de la Doire ; elle passe ensuite au milieu du lac de Viveron, d'où elle se dirige vers la Doire qu'elle suit jusqu'à son confluent.

Le département est un des plus montueux de l'Empire, le Mont-Blanc, le Mont-Rose, et le Mont-Cervin qui le bordent au Nord, sont les plus hautes montagnes de l'ancien continent, elles ont près de 5 mille mètres. Immédiatement au-dessous du faite qui les supporte, se trouve un grand massif du terrain qui a 4 ou 5 myriamètres de large et dont l'élévation générale sur la mer est de deux mille mètres : il est découpé par des vallées étroites et profondes, qui sont les seules parties habitées et cultivées dans le

Aspect gé-  
néral.

pays. Au pied de ce massif, commencent les fertiles plaines du Piémont et de la Lombardie qui ne sont plus qu'à 2 ou 300 mètres au-dessus du niveau de la mer. De sorte que la partie septentrionale du département, séjour éternel des frimas, est couverte de glaciers et de neiges perpétuelles, tandis que la portion méridionale appartient déjà aux plaines brûlantes de l'Italie.

Division  
du départe-  
ment.

Le département, considéré sous le rapport physique, présente trois parties : 1<sup>o</sup>. Le massif de montagnes situé au Nord ; 2<sup>o</sup>. un massif moins considérable en hauteur vers l'Ouest, lequel, avec les appendices, forme une bande de terrain au Sud du premier. 3<sup>o</sup>. Les plaines comprises entre cette bande et le Pô.

Cette division naturelle correspond, à peu près, à la division politique en trois arrondissemens, celui d'Aoste, celui d'Ivrée, et celui de Chivas.

Avant de passer à la description de ces trois arrondissemens, je rappellerai succinctement quelques termes de géographie-physique que j'emploierai fréquemment.

Une *chaîne de montagnes* comprise entre deux plaines ou deux grands cours d'eau, tels sont ici le Rhône et le Pô, présente deux grandes faces ou pentes, connues sous le nom de *versans*, et qui se réunissent à leur partie supérieure en une ligne appelée le *faîte* (*juga montium*). Chacun des deux versans est sillonné par des *vallées* le plus souvent perpendiculaires ou presque perpendiculaires à cette ligne. Les massifs de terrain compris entre deux vallées voisines, forment des *rameaux* ou *bras de montagnes*, auxquels les ingénieurs-géographes français donnent ordinairement le nom de *contre-forts*. Leurs dures pentes portent aussi celui de *versans*, et leur faîte prend souvent celui de *crête*. Dans le milieu d'une grande chaîne, ils se réunissent au faîte, à peu près comme les côtes se joignent à l'épine du dos : la

jonction de deux rameaux opposés, un de chaque versant, produit ordinairement une protubérance ou *cime* ; et celle de deux vallées opposées donne lieu, au contraire, à une dépression ou *col*. En général, on donne le nom de *cime* à tout exhaussement brusque dans un faîte ou dans une crête, et celui de *col*, à toute dépression notable dans ce même faîte ou cette même crête : un col est ainsi le passage naturel par lequel on communique d'un versant à l'autre.

### Arrondissement d'Aoste.

Le pays d'Aoste, avons nous dit, est formé par le massif montagneux situé au Nord du département. Il est traversé dans son milieu, et de l'Ouest à l'Est, par la vallée de la Doire, à laquelle aboutissent perpendiculairement d'autres vallées d'un ordre inférieur. Lorsqu'on est au centre de la contrée, à la ville d'Aoste, on se trouve dans un cadre formé par quatre grandes chaînes, et dont on ne peut sortir que par des cols très-élevés, couverts de neige pendant les trois quarts de l'année, en exceptant toutefois l'étroite issue, par laquelle la Doire débouche dans les plaines du Piémont : (ce passage était autrefois défendu par le fort de Bard).

Constitu-  
tion de l'ar-  
rondisse-  
ment.

Pour nous faire une idée exacte de la constitution physique de ce pays, rappelons-nous qu'il est situé exactement dans l'angle formé aux environs du Mont-Blanc, par la rencontre des Alpes Pennines avec les Alpes Graies. Observons maintenant que les premières, à partir du Mont-Rose, étendent vers le Sud une base à peu près parallèle aux secondes ; et que de celles-ci, un peu au Nord du Mont-Iseran, il se détache un grand rameau parallèle aux

premières, lequel rencontre le précédent vers la sortie de la Doire; la rivière seule les empêche de se joindre. De cette manière, le pays d'Aoste peut être regardé comme un grand carré long (ayant près de 10 myriam. de l'Ouest à l'Est, et moitié du Nord au Sud). Le Mont-Blanc, le Mont-Rose, le Mont-Iseran, et l'issue de la Doire sont aux quatre coins; les Alpes Pennines le bordent au Nord; les Alpes Graies à l'Ouest; les rameaux de l'Iseran, que je désignerai sous le nom de *montagnes de Cogne*, au Midi; et le bras détaché du Mont-Rose à l'Est.

Division  
en vallées.

Les deux petits côtés du carré ne présentent vers l'intérieur du pays que des versans très-abruptes, et par conséquent, peu étendus. Le torrent de l'Eile qui coule dans la vallée d'Ese, au pied de la pente du côté oriental, se tient constamment à moins d'un myriam. de la crête du rameau, et cette pente ne présente que des gorges trop courtes pour prendre le nom de vallées.

Le côté occidental du carré, que nous ne prenons ici que depuis le Mont-Blanc jusqu'à la montagne située entre le Petit-Saint-Bernard et le col du Mont seulement, le côté occidental, dis-je, présente deux vallées principales: l'une, sous le nom d'*Allée blanche*, se termine au col de la Seigne; l'autre est celle du Petit-Saint-Bernard: elles se joignent au pied du versant, près le village de Saint-Didier, et leurs eaux, réunies en ce point, forment la Doire-Baltée.

Quant aux deux grands côtés du carré long, ceux dirigés de l'Ouest à l'Est, leurs versans,

qui sont d'une étendue considérable, vont jusqu'à la rencontre l'un de l'autre, et leur intersection forme le lit de la Doire. Ils sont sillonnés par des vallées qui se dirigent perpendiculairement à la rivière, et qui vont par conséquent du Nord au Sud. Celles creusées sur le versant septentrional, et qui atteignent le faite des Alpes Pennines, sont au nombre de six, savoir celle de *Ferret*, celle du *Grand-Saint-Bernard*, celles d'*Ollomont* et de *Valpeline*, celle de *Châtillon* ou *Valtornanche*, celle d'*Ayaz*, et celle d'*Ese*: elles ont environ trois myriam. de long et sont très-encaissées.

Le versant qui borde la vallée d'Aoste, au Sud, en présente cinq à peu près semblables; ce sont celles du *Valgrisanche*, du *val de Remes*, de *val Savaranche*, de *Cogne*, et de *Fenis*. Le rameau des montagnes de Cogne, vers le milieu de son cours, se bifurque dans le sens de sa longueur, et comprend entre les deux branches de la fourche une autre vallée, qui est dirigée de l'Ouest à l'Est: c'est celle de *Champorcher*.

Une des parties les plus intéressantes de la géographie physique d'un pays de montagnes étant celle qui traite de la hauteur des cimes, des cols, et des vallées; nous allons nous arrêter un instant sur cet objet.

(*Élévation des montagnes.*) Nous commencerons par celles du faite des quatre chaînes qui cernent le pays.

1°. (Au Nord), sur le faite des Alpes Pennines, nous avons les plus hautes cimes mesurées dans l'ancien continent; leur élévation, d'après Saussure, est pour le Mont-Blanc. . . . . 4775<sup>mètres</sup>

Élévation  
des monta-  
gnes et du  
sol.

|                                                                                                                                                                                                                                                       |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Le Mont-Rose . . . . .                                                                                                                                                                                                                                | 4736 <sup>mét.</sup> |
| Le Mont-Cervin . . . . .                                                                                                                                                                                                                              | 4502                 |
| La Dent du Géant . . . . .                                                                                                                                                                                                                            | 4240                 |
| Le faite lui-même présente, dans toute son élévation, une élévation de près de . . . . .                                                                                                                                                              | 3500                 |
| Ses plus grandes dépressions sont encore à des hauteurs considérables; elles sont :                                                                                                                                                                   |                      |
| Au col de Ferret de . . . . .                                                                                                                                                                                                                         | 2330                 |
| Au passage du Grand-Saint-Bernard . . . . .                                                                                                                                                                                                           | 2508                 |
| Au passage du glacier du Mont-Cervin . . . . .                                                                                                                                                                                                        | 3380                 |
| Ainsi, même au fort de l'été, on n'a, dans les Alpes Pennines, que deux passages libres de neige; tout le reste, sur une longueur de plus de 10 myriamètres, est couvert de glaces éternelles.                                                        |                      |
| 2°. (A l'Ouest), les Alpes Graies sont moins élevées, la cime la plus haute est celle du Mont-Iseran qui, d'après des mesures trigonométriques, n'est que de . . . . .                                                                                | 4000                 |
| Il y en a quelques autres qui ont eu une hauteur de . . . . .                                                                                                                                                                                         | 3000 à 3500          |
| Quant aux Cols, en allant du Nord au Sud, on a pour le col de la Seigne . . . . .                                                                                                                                                                     | 2460                 |
| Le Petit-Saint-Bernard . . . . .                                                                                                                                                                                                                      | 2200                 |
| Le col du Mont . . . . .                                                                                                                                                                                                                              | 2600                 |
| Le col du Vaudet (par estimation) . . . . .                                                                                                                                                                                                           | 2600                 |
| 3°. (Au Midi), les montagnes de Cogne ont une plus grande élévation que les Alpes Graies, elles sont en même-tems plus chargées de neige. Le <i>pic de Cogne</i> parait d'une hauteur presque égale au Mont-Cervin, et aurait ainsi près de . . . . . | 4500                 |
| Quelques autres doivent avoir près de . . . . .                                                                                                                                                                                                       | 4000                 |
| Ces montagnes ne présentent que deux passages; l'un appelé la <i>Grand-Croix</i> , communique avec la vallée de Locana, a, d'après une observation exacte que j'y ai faite . . . . .                                                                  | 2650                 |
| Le second, par lequel on va sur les glaciers au val Soana, m'a paru être plus élevé.                                                                                                                                                                  |                      |
| Au-delà de l'origine de la vallée de Champorcher, ces montagnes baissent un peu; mais elles ont encore, au moment où elles arrivent à la Doire, vis-à-vis Bard, plus de . . . . .                                                                     | 2000                 |

4°. (A l'Est), le rameau qui se détache du Mont-Rose se maintient jusqu'à son extrémité à une élévation qui ne descend guère au-dessous de . . . . . 3000<sup>mét.</sup>

Il ne présente que trois passages.

Celui appelé *Passo d'Olent*; il a . . . . . 2770  
Celui du *val Dobbia*. . . . . 2515

Le troisième, qui est vers Fontanamora, et n'est pratiqué que par des personnes qui vont en pèlerinage à Oropa, doit avoir une hauteur peu différente.

(*Nivellement de la grande vallée*). Un grand nombre d'observations m'indiquent que la Doire, à sa sortie du pays d'Aoste, près le pont Saint-Martin, est à . . . . . 300

A Donas, je l'ai trouvée de . . . . . 320  
A Bard . . . . . 350  
A Vorrex . . . . . 380  
Au bas du Mont-Jovet . . . . . 420  
Au-dessus de Châtillon . . . . . 450  
A Aoste (595) . . . . . 600  
Au pont de Lassale . . . . . 850

A Saint-Didier, au confluent des torrens qui forment la rivière . . . . . 1014

Ainsi du pont Saint-Martin jusqu'à Aoste, dans une distance de 6 myriamètres, la pente est de 45 mètr. par myriamètre, ce qui est 1 mètr. de pente sur 200 de longueur. Depuis Aoste, jusqu'à Saint-Didier elle est quadruple, 1 sur 880.

Les vallées du département sont en général fort étroites et encaissées.

Celle de la Doire, à l'entrée du pays d'Aoste, vers le pont Saint-Martin, présente un fond plat de 3 à 400 mètr. de large. Bientôt après, elle se resserre et l'on est dans l'étroit passage au milieu duquel était le fort de Bard: elle reprend ensuite sa première largeur, vers

Forme et  
largeur des  
vallées.

Arnaz et Vorrex, et peut être même, en quelques endroits, elle est de 5 à 600 mètr. Elle se rétrécit au Mont-Jovet, où elle n'est plus qu'un défilé de quelques mètres de large entre deux montagnes. Au-delà, elle s'ouvre de nouveau, et atteint sa plus grande largeur, qui est de 1800 mètres, dans le lieu où est la ville d'Aoste : elle se resserre ensuite, durant deux lieues. Vers Lassale, elle s'ouvre une dernière fois pour former le petit bassin de Morgex, qui a 5 ou 600 mètres, et qui se termine à Saint-Didier. Les montagnes qui la bordent, dans tout son cours, sont escarpées, et la pente varie entre 20 et 40 degrés; elle va même à 50 dans la partie supérieure : leur hauteur générale est d'environ 2000 mètres au-dessus de la rivière.

Les vallées transversales sont encore bien plus étroites que celle de la Doire. Que l'imagination éloigne d'elles tout ce que le nom de vallée pourrait rappeler d'agréable et de riant : ce ne sont, dans presque toute leur étendue, que d'énormes fentes, d'horribles anfractuosités dans une immense masse de roches. Un chemin taillé sur leurs flancs escarpés tient le voyageur comme suspendu au-dessus d'un abîme, au fond duquel un torrent, que l'œil peut à peine atteindre, roule avec fracas ses ondes sales et couroucées. Dans les endroits où le sol prend un peu d'inclinaison, on aperçoit quelques champs étroits et soutenus par des terrasses. De petites habitations basses et enfumées, fixent de loin en loin les regards, et excitent dans l'âme un sentiment de compassion pour les êtres destinés à passer leur vie

dans des lieux si retirés et si sauvages. Quelquefois la vallée s'élargit un instant, et montre au fond du bassin, un petit hameau entouré de prairies et de quelques bouquets de bois : au-dessus, et sur une exposition propice, on voit des moissons auxquelles le soleil d'été peut donner à peine une teinte dorée. La courte satisfaction que l'on éprouve, à l'aspect de ce passage, n'est due qu'au contraste : ailleurs, cette vue serait sans effet, et ici, elle récrée un moment l'esprit attristé du ton aride et monotone des lieux qu'on vient de traverser. Tout le reste de la vallée n'offre plus que des rochers nus, et quelques sombres forêts de sapins et de mélèzes.

Les bassins dont nous venons de parler n'ont guère que 2 à 300 mètres de large; rarement y en a-t-il deux dans chaque vallée qui aient de 5 à 600 mètr. ; et c'est ordinairement dans la partie la plus élevée qu'ils se trouvent les plus grands. Le plus considérable de ceux que j'ai vus est celui du *Nevollet*, à l'extrémité du val Savaranche, presque sur la crête des montagnes, et à 2400 mètr. au-dessus de la mer. On y arrive par un défilé étroit et resserré entre deux rochers : à son débouché, on se trouve dans une petite plaine parfaitement unie, de forme ovale, ayant 2 à 3000 mètr. de long, et plus de 1000 de large. Le fond est couvert d'herbe; en quelques endroits il est marécageux, et tout annonce qu'il a été, naguère, le sol d'un lac qui a rompu ses digues, et dont les eaux se sont écoulées par le défilé que nous avons mentionné. L'examen des localités indique qu'un grand nombre des bassins que pré-

Bassins.

sentent les vallées, ont été également des lacs. Ceux que l'on trouve encore pleins d'eau, vers l'origine des grandes vallées, me paraissent donner un nouveau degré de probabilité à ce fait. Parmi ces lacs actuels, je puis citer celui qui est près du Petit-Saint-Bernard, celui qui est immédiatement au-dessous du col du Mont dans le val Grisanche, et celui qui est sur le haut du passage du Grand-Saint-Bernard, proche de l'hospice : le dernier a de 3 à 4000 mètr. de circuit ; quant à sa profondeur, elle est inconnue.

La plupart des vallées transversales présentent un fait très-remarquable, à leur débouché dans celle de la Doire : elles y sont resserrées et plus étroites que dans le reste de leur cours. Celles qui aboutissent au pont Saint-Martin, à Vorrex, à Châtillon, à Fenis, à Nus, à Livrogne, à Lassale et à Saint-Didier du côté de la Thuile, en offrent des exemples frappans : leur ouverture est si peu considérable, que le voyageur qui suit la vallée de la Doire passe à côté d'elles presque sans les apercevoir : ce sont plutôt de simples fentes, que des interruptions dans la masse des montagnes qui bordent la rivière. Lors même que ce débouché est large vers le haut, sa partie inférieure, celle qui est occupée par le torrent, est fort étroite, et n'est souvent qu'une coupure de quelques mètres de large, sur deux cent de profondeur : ainsi qu'on le voit à l'issue du val de Rèmes près d'Introd. (Il est bien difficile de ne pas voir dans ces coupures, un nouvel exemple de l'action érosive des eaux).

Après ces observations sur les inégalités du

sol de l'arrondissement et sur leur disposition, passons à l'examen des principaux effets qui en résultent.

La hauteur des montagnes portent leurs parties supérieures bien au-dessus du terme où l'atmosphère est toujours à la température de glace : ces parties sont couvertes de neiges qui ne fondent jamais en totalité, et qui finissent par donner lieu à d'immenses glaciers.

Glaciers.

Je n'entrerai dans aucun détail sur la manière dont ils se forment et se maintiennent, ces objets étant fort bien traités dans les *Voyages de Saussure*. Je vais me borner à faire connaître l'étendue de ceux qui sont dans le département, et à dire un mot sur leur élévation.

Le faite des Alpes Pennines est couvert d'un grand glacier, qui n'éprouve d'interruption que dans l'espace où se trouvent les cols de Ferret du Saint-Bernard. Sa partie occidentale repose sur le Mont-Blanc, ainsi que sur les montagnes voisines : et sa partie orientale s'étend depuis Ollomont jusqu'au Mont-Rose. On peut estimer la longueur totale des deux portions à 10 myriamètres ; la largeur moyenne sera de près d'un myriamètre : quant à l'épaisseur, elle varie de 20 à 100 mètres, et va même, en quelques endroits, à 200, d'après l'observation de Saussure.

Les Alpes Graies, depuis le col de la Seigne jusqu'à l'extrémité de la vallée de la Thuile, ne présentent pas de glacier proprement dit ; mais à partir de ce dernier point, et en allant vers le Sud-Est, on en a un très-considérable, connu sous le nom de *glacier de Rutor*. Il se prolonge sur les hautes montagnes de Cogne qu'il couvre

jusque vers l'origine de la vallée de Champorcher. Il n'éprouve presque point d'interruptions, et sa longueur totale peut être de 6 myriamètres.

Les montagnes qui bornent le département, à l'Est, sont dépourvues de neiges vers la fin de l'été. De sorte que je ne crois pas que les glaciers dont nous avons parlé, présentent un volume de plus de cent mille millions de mètr. cubes; et encore n'y en a-t-il pas les trois quarts dans le département, et la moitié dans l'arrondissement d'Aoste.

Limite des neiges perpétuelles.

Bouguer avait porté à 3000 ou 3100 mètr. (15 à 1600 toises) la *limite inférieure des neiges* pour la France. Saussure a cru devoir baisser ce terme, et il l'a fixé à 2700 (1400 toises), dans les Alpes. Cependant mes observations me portent à croire que la première détermination est plus convenable au département. Il est possible que quelque grand glacier descende au-dessous de 3000 mètres: cela arrive même ordinairement pour les parties situées dans les gorges ou les vallées; mais sur toutes les cimes, et même sur les plateaux qui sont à la hauteur que je viens d'indiquer, les neiges sont entièrement fondues vers la fin de septembre. Je cite quelques faits. Au milieu des montagnes et des glaciers de Cogne, au-dessus du village de ce nom, se trouve une sommité de plus de 3000 (3060) sur la mer: j'y suis monté à trois époques différentes, et j'ai toujours vu que les terrains situés à la même hauteur, étaient dépourvus de neige; le peu qu'on en apercevait, en quelques endroits, fondait entièrement dans le mois d'août. — Vers l'issue de la vallée d'Aoste, on

a une montagne de 2000 mètr. d'élévation, sur laquelle j'ai en quelque sorte passé le mois d'octobre dernier; de sa cime je découvrais toutes les montagnes qui sont à l'Est du département, et nulle part on n'y voyait de glacier: cependant leur crête se tient à une hauteur générale de 3000 mètres, les cols les plus bas qu'elle présente ont encore 2500 mètr. et il y a des cimes qui atteignent certainement 3500 mètr.

Au reste, on ne peut fixer, d'une manière générale et avec exactitude, la limite des neiges: elle dépend trop de la disposition et de la pente du sol; des bras de glacier, encaissés dans des gorges, descendent souvent au-dessous des habitations. C'est ainsi que le glacier de la *Brenva*, qui est sur le flanc Sud-Est du Mont-Blanc, a son extrémité inférieure tout proche du hameau d'Entrèves, à 1440 mètr. seulement au-dessus de la mer; un peu plus haut que le glacier, et près de lui, on voit en été de riches moissons.

Il y a quelques années qu'il s'avancait vers le hameau, et menaçait de le détruire: mais il a pris une marche rétrograde, et il en est aujourd'hui à mille mètres environ. Le terrain qu'il a occupé est entièrement dévasté, et couvert de blocs de pierre et de rochers qu'il avait apportés avec lui.

Ce même glacier présente encore un fait très-curieux. Son extrémité inférieure entre transversalement dans l'Allée-Blanche; et à l'instar d'une digue, elle barre une partie de la largeur de cette vallée. Le flanc occidental de la digue est recouvert d'une grande quantité de pierres et de terre provenant de la destruction

des roches qui la dominent : sur cette couche de débris s'élève un bois de mélèze , qui repose ainsi sur un grand massif de glace.

Hydrographie.

Un coup d'œil jeté sur une carte de géographie suffira pour indiquer la longueur et la direction des torrens qui coulent dans les vallées transversales. Je me bornerai ici à observer que ces cours d'eau , étant principalement alimentés par la fonte des neiges qui couvrent les hautes montagnes , et par les glaciers , sont beaucoup plus considérables en été qu'en hiver , et qu'ils le sont d'autant plus que la chaleur est plus forte. Dans le tems de la canicule leurs eaux sont extrêmement troubles : elles charrient beaucoup de terre dont elles se sont principalement chargées en traversant les *moraines* (débris de roches), qui sont ordinairement au pied des glaciers. Celles de l'Evançon sont blanchâtres et laiteuses ; celles du torrent de Grisanche , ayant vraisemblablement passé sur un terrain de schiste argileux imprégné de carbone , sont presque noires ; en les voyant sortir avec impétuosité d'une vallée dont l'issue est sombre et étroite , l'imagination croit les voir s'échapper des abîmes du Tartare.

La Doire est le receptacle de tous ces torrens ; elle est par conséquent beaucoup plus forte en été qu'en hiver. Ses eaux sont aussi paisibles et aussi limpides dans cette dernière saison qu'elles sont agitées et bourbeuses dans l'autre. Je ne crois pas me tromper notablement en avançant qu'elles sont en quantité six fois plus grandes en août qu'en janvier ; et en les portant à dix mille mètres cubes par minute , dans le premier de ces mois : la Seine , à Paris , ne donne

pas

pas un aussi grand produit , lorsqu'elle est à sa hauteur ordinaire. La Doire est sujette , en été , à une crue et à une baisse périodique dans les 24 heures : le moment du jour où elle atteint sa plus grande élévation varie suivant la distance à laquelle on se trouve des principaux glaciers. A Aoste , c'est vers cinq heures du soir , et à Ivree , entre cinq et six heures du matin. D'après cela , on peut admettre que la grande masse des eaux de la Doire met 16 heures pour arriver des glaciers à cette dernière ville , c'est-à-dire , pour parcourir un espace d'environ 12 myriamètres , et au moins 12 heures pour aller d'Aoste à Ivree , quoique la distance ne soit pas de 8 myriamètres ; ce qui donne une vitesse d'environ 100 mètres par minute : la pente moyenne d'Aoste à Ivree est de 1 sur 222 de longueur.

Je n'ai pas été à même de recueillir un assez grand nombre d'observations thermométriques pour donner des renseignemens positifs sur la température ordinaire du pays d'Aoste. Je dirai seulement que le bas de la grande vallée est beaucoup plus chaud que son élévation sur la mer , sa latitude et même le voisinage des glaciers pourrait le faire présumer. Saussure avait déjà remarqué (§. 982 de ses voyages) qu'on y voyait des plantes et des insectes qu'on ne trouve que dans des pays plus méridionaux. En hiver même , les parties élevées du pays , quoiqu'entièrement couvertes de neige , ne sont pas sujettes à un froid aussi rigoureux qu'on le croirait d'abord : au Grand-Saint-Bernard , qui se trouve à 2500 mètr. sur la mer , et qui est l'habitation la plus élevée de l'Europe , la hauteur moyenne du

Climat.

thermomètre en hiver n'est guère que de 9 à 10 degrés au-dessous de la congélation.

La chaleur qui règne dans la vallée d'Aoste, en été, est tempérée par un vent qui s'élève régulièrement vers 8 ou 9 heures du matin, et tombe vers 4 ou 5 heures du soir; il remonte la vallée, et est souvent assez fort dans les endroits resserrés. La dilatation que le soleil, en approchant du méridien, fait éprouver à la couche de l'atmosphère qui repose sur les plaines du Piémont en forçant l'air à refluer dans toutes les vallées qui les entourent, ne serait-elle pas la cause première de ce phénomène?

Végéta-  
tion.

Il n'existe peut-être pas de végétation plus belle et plus vigoureuse que celle qu'on trouve dans la plupart des bassins de la vallée d'Aoste, ainsi qu'au débouché d'un grand nombre de vallées transversales. Les nombreuses chataigneraies qui sont au bas des montagnes, les terrasses chargées de treilles qui s'élèvent à une hauteur considérable, les belles allées qui bordent les chemins, et en quelques endroits les berceaux de vignes qui forment de longues voûtes au-dessus d'eux, les vergers, les prés, et même les champs qui occupent la partie basse du terrain, la montrent dans toute sa force et tout son luxe. Les feux de la canicule ne peuvent lui rien ôter de sa fraîcheur: tandis qu'un soleil ardent dessèche et brûle les plaines voisines. Ici, il fait descendre du haut des montagnes une nappe d'eau qui, en s'étendant sur une terre privilégiée, lui donne une fécondité prodigieuse. Les nombreux ruisseaux qui découlent des glaciers, admirablement distribués par le cultivateur, font prospérer de toutes parts les récoltes au gré de ses désirs.

Le terrain est ici d'autant plus précieux qu'il est plus rare, quelques arpens de terre cultivable et entourés de plusieurs lieues de rochers stériles et de glaciers. Ce n'est pas à nous à décrire tout ce que l'industrie a fait pour tirer parti des avantages de la situation, et faire rapporter au sol tout ce dont il était capable; nous nous bornerons à dire qu'on voit fréquemment un champ rapporter deux récoltes à la fois: au-dessus d'une belle moisson, on a un grand treillage couvert de vignes. Les habitans du pays arrosent non-seulement les prairies et les vergers, mais encore les champs de maïs, les chanvres, et, en quelques endroits même, les vignes; ils vont souvent prendre à trois ou quatre lieues de distance l'eau qu'ils emploient à cet usage.

Les produits de la végétation sont inégalement disposés sur les deux versans qui bordent la vallée: celui qui regarde le Nord est bien mieux boisé; c'est lui qui présente les plus belles chataigneraies et les plus grandes forêts de sapins ou de mélèzes. D'un autre côté, les vignes et les champs sont en beaucoup plus grand nombre sur la pente tournée au Midi.

Chaque espèce de plante et de culture ne réussit en outre que jusqu'à une certaine hauteur; j'ai eu occasion de faire quelques observations précises à cet égard, et j'en donne ici le résultat:

Les vignes les plus élevées de la vallée d'Aoste, et peut-être de l'Europe, sont au-dessus de Saint-Pierre, en face de Villeneuve: elles vont jusqu'à. . . . . 1200<sup>mètres</sup>  
 Au four du château de Lassale, j'en ai vu à. . . . . 1150  
 A Morgex, et en quelques autres endroits, on en trouve plusieurs à. . . . . 1000

Au reste, le vin provenant de ces vignes si élevées a peu de force, mais il n'en est pas de même de celui qu'on retire des vignobles de Saint-Pierre même, ils donnent un vin très-chaud, et ils sont cependant à . . . . . 800<sup>mètres</sup>.

Les vignes d'Aoste qui, au rapport de Saussure, donnent un vin muscat très-estimé, sont à . . . . . 700

Enfin, celles de Chambave, dont le vin est en grande réputation, sont à plus de . . . . . 600

Hors de la vallée d'Aoste, dans le reste du département, ainsi que dans les contrées voisines, il n'y a point de vignobles à cette hauteur.

Les châtaigniers que j'ai vus à la plus grande hauteur, sont auprès de Challant-St.-Anselme, à . . . . . 1100

Au-dessus de Gressan, on en voit à . . . . . 1000

Mais les châtaigneraies proprement dites, n'atteignent point ce terme; et lorsqu'on en approche, elles font place aux noyers qui s'élèvent encore à 2 ou 300 mètres plus haut. C'est sur le chemin de Cogne, et sur celui de Saint-Bernard, que j'ai observé les noyers les plus élevés; ils étaient à . . . . . 1200

A cette même élévation, j'ai remarqué quelques pommiers. A Saint-Oyen, et contre une maison, j'en ai vu un qui produisait rarement, à la vérité, mais qui était à . . . . . 1400

Le maïs, qui demande un assez grand fond de terre, susceptible même d'être arrosé, ne se voit pas au-delà de . . . . . 1000

Quant au seigle, il s'élève à une hauteur double. Près du village de Saint-Rémi on en trouve à plus de . . . . . 1800

Au-dessus de Cogne, j'ai traversé des champs qui étaient à plus de . . . . . 1900

Dans le val Savaranche, autour du dernier hameau, habitable en hiver, j'en ai observé à . . . . . 1950

Un peu plus haut, dans le même endroit, j'en ai encore vu à . . . . . 2030

Il arrive fréquemment que ces grains si élevés ne mûrissent pas assez pour être moissonnés. On les sème en juillet; et après 14 ou 15 mois de peines et de soins, le cultivateur a la douleur de voir ses espérances trompées: les neiges d'octobre vien-

nent couvrir ses champs avant que leurs produits aient atteint la maturité.

Des forêts de pins, de sapins et de mélèzes, sont encore très-belles à . . . . . 2000<sup>mètres</sup>.

J'en ai remarqué, à l'extrémité de la vallée de Saint-Marcel, à plus de . . . . . 2400

Cependant il est rare d'en voir à cette hauteur; plus haut, on n'a que quelques arbres isolés, et encore sont-ils rares et de mauvais port.

Les pâturages s'élèvent encore plus haut: dans la plupart des vallées, on en voit à . . . . . 2300

Dans le val Savaranche, il y en a de considérables; ceux du Nevollet, à . . . . . 2400

En quelques endroits même, dans la vallée de Chavannes, près le Petit-Saint-Bernard, par exemple, l'on mène les vaches pendant quelques jours de l'année dans des herbages, qui m'ont paru être à . . . . . 2800

La population des parties élevées de l'arrondissement d'Aoste, est en général fort belle; mais celle des parties basses.... c'est le pays de l'Europe qui renferme le plus de *cretins*, presque tous les villages de la grande vallée présentent un nombre plus ou moins considérable de ces infortunés. Leurs traits difformes, leurs goûtes dégoûtans, leur teint livide ou jaunâtre, la stupidité de leur physionomie, les sons inarticulés qu'ils profèrent etc., affligent l'âme de l'homme qui n'est pas encore familiarisé avec ce triste spectacle; l'état hideux dans lequel ses semblables s'offrent à ses yeux, affecte profondément sa vanité. Je renvoie, pour les détails qui les concernent, aux Voyages de Saussure (§. 1030 — 1037). Comme cet illustre naturaliste, j'ai observé que les villages élevés de plus de 1200 mètr. n'en renfermaient point ou presque point; et que c'était dans

ceux qui ne sont qu'à 3 ou 400 mètr. qu'il y en avait le plus. Mais d'un autre côté, j'ai fait, dans le pays d'Aoste, une remarque opposée à celle que Saussure avait faite dans le Vallais, où les villages exposés au Midi lui avaient offert plus de cretins que les autres. Ici, au contraire, c'est dans les hameaux tournés au Nord, dans ceux qui au milieu de vallées étroites et profondes ne reçoivent jamais les rayons du soleil, que le mal est à son comble; c'est dans les villages de Tavagnasco, Quincinetto, Fenis, Saint-Marcel, Villeneuve, Valpeline, que les cretins et les goîtreux sont en plus grand nombre. Si, comme le pense Saussure, cette maladie est l'effet d'un relâchement dans les fibres occasionné par un air chaud et humide, l'espèce d'étiollement produit par la privation de la lumière du soleil ne pourrait-il pas contribuer à le produire? Une des principales causes de ce relâchement serait encore le séjour de six mois que les habitans de la vallée font dans des étables où la température est très-élevée, et où l'air est continuellement saturé d'humidité. Au reste, le nombre de ces malheureux diminue journellement; et peut-être une administration philanthrope parviendrait-elle à hâter l'entière extirpation d'une infirmité si humiliante pour l'espèce humaine.

Je donne ici la hauteur des habitations les plus élevées que j'aie observées :

|                                                                               |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Dans la Vallaise, le dernier hameau est à . . .                               | 1700 <sup>mèt.</sup> |
| Et les Challets de Beter, à l'extrémité de cette ville, à . . . . .           | 2200                 |
| Dans la vallée de Challant, le hameau de Saint-Jacques d'Ayas est à . . . . . | 1700                 |
| Dans celle du Saint-Bernard, Saint-Remi. . .                                  | 1620                 |

|                                                       |                      |
|-------------------------------------------------------|----------------------|
| Le couvent du Saint-Bernard. . . . .                  | 2500 <sup>mèt.</sup> |
| Dans celle de Valpeline, le village de Bioux. . . . . | 1650                 |
| Dans le val Grisanche, le chef-lieu. . . . .          | 1660                 |
| Et le hameau de Fornets. . . . .                      | 1700                 |
| Et les derniers Challets. . . . .                     | 2000                 |
| Dans le val Savaranche, le chef-lieu. . . . .         | 1560                 |
| Le dernier hameau, celui de Pont. . . . .             | 1950                 |
| Et les Challets du Nevollet. . . . .                  | 2400                 |

#### *Arrondissement d'Ivrée.*

Cet arrondissement comprend le revers méridional des montagnes de Cogne, et le revers oriental de la partie des Alpes Graies située autour du Mont-Iseran. Il a à peu près la forme d'un triangle dont le sommet serait à la cime du mont que nous venons de citer, et dont la base serait formée par le coteau qui est à l'Est d'Ivrée, et qu'on désigne sous le nom de *Serre*.

Sous le rapport de son physique, cet arrondissement peut être divisé en trois parties ou vallées. 1°. La vallée de la Doire depuis son débouché du pays d'Aoste jusqu'à la hauteur de Masino; 2°. celle de la Chiussella; 3°. celles de la Soana et de l'Orco.

La première a près de 3 myriam. de long, à l'issue de la vallée d'Aoste; elle est étroite, elle s'élargit ensuite peu à peu, et lorsqu'elle entre dans les plaines du Piémont, elle a environ un myriam. et demi de large. Ici son sol est à 230 mètr. au-dessus de la mer, et dans sa partie supérieure il est de 300. Les coteaux qui la bordent sont très-remarquables, ils sont formés de terrain de transport; et leur crête, principalement celle de la *serre*, est en ligne droite, et inclinée vers le Midi en face d'Ivrée;

ils ont environ 500 mètr. de hauteur au-dessus de la vallée.

La vallée de la Chiusella est creusée sur le revers méridional des montagnes de Cogne; elle débouche dans la plaine, auprès de Baldissero; sa longueur est d'environ 3 myriam.; sa partie supérieure s'élève jusqu'au faite du bras de montagnes qui borde les vallées de Chomporels au Sud, et j'estime cette hauteur à 2500 mètr. dans tout son cours; elle est fort étroite au-dessous de Vico, elle tourne au Sud et n'est plus bordée que par des coteaux de 4 à 500 mètr. au-dessus du fond.

Le val Soana prend son origine près de la naissance de la vallée de Cogne, à une hauteur considérable; elle est très-encaissée, et les montagnes qui la dominent sont bien boisées.

La vallée de Locana commence sur le faite des Alpes Graies, à un col compris entre le Mont-Iseran et une cime qui est à l'extrémité du val de Remes: de l'autre côté de ce col, est la source de l'Isère; elle est fort étroite dans très-peu d'endroits, elle a 2 ou 300 mètr. de large, et les pentes qui la bordent sont fort abruptes.

#### *Arrondissement de Chivas.*

Cet arrondissement, avons nous déjà dit, comprend les plaines du département; il est entièrement plat, et uniquement composé de terrains de transport: de sorte qu'il intéresse peu le minéralogiste, et nous n'entrerons dans aucun détail à son sujet. Nous nous bornerons à observer que la terre végétale qui en forme le sol est peu épaisse, rarement a-t-elle un mètre; elle repose sur des cailloux et débris de roches primitives.

*(La suite au Numéro prochain.)*

## R A P P O R T

*Fait à la Classe des Sciences physiques et mathématiques de l'Institut, sur un Mémoire de M. d'ARTIGUES, relatif à la fabrication du Flint-Glass, et sur de grandes lunettes astronomiques présentées par M. CAUCHOIS (1).*

LA classe nous a chargés, MM. Laplace, Vauquelin, Charles et moi (M. Biot), d'examiner un Mémoire relatif à la fabrication du flint-glass, qui lui a été présenté par M. d'Artigues, et auquel étaient jointes plusieurs lunettes achromatiques construites par M. Cauchois. Après avoir soumis ces deux objets à une année d'épreuves, à un examen sévère, à de nombreuses expériences, nous allons en faire notre rapport à la classe.

Quoique la construction des lunettes achromatiques soit aujourd'hui connue de tous les physiciens; nous allons cependant rappeler ici les principes généraux sur lesquels elle repose, ne fût-ce que pour attacher un sens précis à des expressions dont nous devons faire un fréquent usage dans le cours de ce rapport.

Lorsqu'un rayon de lumière blanche pénètre dans un prisme de verre, il éprouve deux sortes de modifications: il se divise en une infinité de rayons qui produisent sur nos yeux la sensation d'autant de couleurs différentes, mais qui ont

(1) Le Mémoire dont il s'agit a été inséré dans le n<sup>o</sup>. 171 de ce Journal.

été rangées en sept classes distinctes dans l'ordre suivant : violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge. Ce phénomène se nomme *dispersion* de la lumière : en même tems chacun des rayons diversement colorés s'écarte de la direction du rayon incident, d'une quantité inégale, depuis les rouges qui s'en écartent le moins, jusqu'aux violets qui s'en écartent le plus. Ce phénomène se nomme *réfraction* de la lumière. On sait même, par des expériences positives, qu'au-delà des dernières limites de la lumière violette et de la lumière rouge, il existe des rayons invisibles qui ne pouvant produire sur nos yeux la sensation de lumière, manifestent cependant leur existence par des effets physiques et chimiques récemment observés.

Maintenant, si l'on oppose l'un à l'autre deux prismes égaux et de même matière, dont les angles correspondans soient tournés en sens contraire, la lumière, décomposée par le premier prisme, sera recomposée par le second; de sorte qu'après avoir traversé les deux prismes elle se réunira en un seul rayon incolore et parallèle à la direction du rayon incident. De là il résulte, d'abord, que les images des objets vus à travers une lentille simple, formée de deux segmens sphériques de matière homogène, ne peuvent paraître avec leurs couleurs naturelles que lorsqu'on les regarde par le centre de la lentille, et doivent être d'autant plus colorées, qu'on les voit par des rayons qui passent plus près des bords; car une telle lentille n'est que l'assemblage continu d'une suite de prismes opposés, dont l'inclinaison,

d'abord nulle au centre, augmente ensuite à mesure que l'on s'éloigne de ce point. Aussi les premiers astronomes qui voulurent appliquer aux lunettes un grossissement considérable, ce qui exigeait que l'on réunît au foyer beaucoup de lumière, ne purent y parvenir qu'en employant des objectifs d'un très-grand diamètre. Mais en même tems ils étaient obligés d'en allonger démesurément les foyers, afin que sur les bords même des objectifs l'inclinaison des deux surfaces fût encore peu considérable. Telles étaient les lunettes appelées *aériennes*, dont Huyghens et Dominique Cassini faisaient usage, et dont la manœuvre difficile ne pouvait leur paraître supportable, qu'à cause des grandes découvertes qu'elles leur donnaient l'occasion de faire dans les cieux. L'invention des lunettes achromatiques a fait disparaître tous les inconvéniens de ces grands instrumens, parce qu'elle a donné le moyen d'augmenter la surface de l'objectif sans allonger le foyer.

Si, pour les substances diverses, la faculté dispersive et la force réfringente croissaient et diminuaient dans le même rapport, comme Newton l'avait cru d'après quelques expériences, il s'ensuivrait qu'en taillant deux prismes de matières différentes, sous des angles tels que leurs forces réfringentes se compensassent, leurs facultés dispersives se compenseraient aussi, et réciproquement : lorsque les rayons émergens sortiraient incolores, leur direction se trouverait parallèle à celle du rayon incident. On ne pourrait donc pas, dans cette hypothèse, composer des objectifs achromatiques; car si les inclinaisons des faces des deux lentilles

étaient déterminées de manière que les rayons sortissent incolores, après les avoir traversées toutes deux, ces rayons devenant alors parallèles à leur direction primitive, divergeraient comme s'ils partaient du point rayonnant, et l'on perdrait ainsi l'avantage de pouvoir les réunir tous en un seul foyer.

Mais Dollond, et après lui tous les physiciens qui se sont occupés de l'optique, ont prouvé par des expériences positives et multipliées, que les forces réfringentes des substances et leurs facultés dispersives sont bien loin d'être assujetties à une même loi. De sorte qu'il est possible de trouver des substances dont la dispersion soit très-inégale, tandis que leur réfraction l'est beaucoup moins. Ainsi, en taillant des prismes avec ces substances, sous des angles tels que leur dispersion se compense, la réfraction produite par l'un des prismes sera beaucoup plus considérable que celle de l'autre. On peut donc, avec plusieurs prismes ainsi disposés, faire converger un grand nombre de rayons incolores sur un même point; ou, ce qui revient au même, on peut en former des lentilles sphériques dont les rayons soient tels, que la lumière, après avoir traversé deux ou trois, ou un plus grand nombre de ces lentilles, se réunisse en un seul foyer, et y forme une image incolore des objets.

Quoiqu'il soit possible d'obtenir ce résultat avec une infinité de substances, cependant toutes ne sont pas également propres aux usages de l'optique. La transparence, la limpidité, la propriété de recevoir un poli parfait, sont autant de conditions indispensables. Dès les premiers

momens de sa découverte, Dollond, guidé par une multitude d'expériences, et favorisé peut-être par un heureux hasard, découvrit parmi les verres qui se fabriquent en Angleterre, deux espèces particulières de verre, qui jusqu'à présent paraissent être celles qui présentent les résultats les plus satisfaisans; ce sont le crown-glass et le flint-glass.

Le crown-glass anglais est un verre de couleur verdâtre, formé de silice rendue fusible par l'addition d'un alkali; cette espèce de verre ne se fait pas seulement en Angleterre, on en trouve dans la plupart des verreries de France, et surtout dans nos manufactures de glaces. La nature chimique des deux substances qui composent cette espèce de verre, sans doute aussi le peu de différence de leur pesanteur spécifique, tendent à faciliter leur combinaison, à la rendre plus intime, et à produire ainsi une vitrification plus complète. Aussi trouve-t-on assez abondamment, en France comme ailleurs, des morceaux de crown-glass propre aux usages de l'optique, et dont les qualités, sous ce rapport, même dans des dimensions considérables, ne laissent absolument rien à désirer. Nos crown-glass sont même, en général, plus blancs, plus limpides, plus transparens que les crown-glass anglais. Malgré la réalité de ces avantages, il est possible que la couleur verdâtre du crown-glass anglais, qui se rencontre aussi dans quelques-uns des nôtres, devienne quelquefois utile pour compléter l'achromatisme, en achevant d'éteindre les franges colorées qu'il est toujours impossible de détruire entièrement. Mais cette extinction devient beaucoup moins nécessaire,

si l'on emploie, pour calculer l'achromatisme, les moyens que nous expliquerons dans la suite de ce rapport; car les franges colorées peuvent ainsi être affoiblies à un tel point, par leur seule compensation, que leur effet devienne insensible sur les yeux les plus exercés. Dès-lors, la transparence de la matière est un avantage sans inconvéniens. Quoi qu'il en soit, la preuve la plus frappante que l'on puisse donner de l'indépendance où nous sommes des Anglais, relativement à la composition du crown-glass, c'est que, dans le tems où les communications étaient libres entre les deux pays, les Anglais ont souvent tiré de France du crown-glass pour s'en servir dans la construction de leurs lunettes, surtout pour les lunettes de spectacle et pour les oculaires de microscope.

Quant à la fabrication du flint-glass, surtout du flint-glass propre à l'optique, nous étions jusqu'à présent beaucoup moins avancés que les Anglais. Si quelqu'un se croyait en droit de réclamer contre cette assertion, une seule preuve suffirait pour la justifier, et elle est irrécusable. C'est que, jusqu'à ces derniers tems, toutes les lunettes astronomiques qui existent en France ont été faites avec du flint-glass anglais. On avait, à la vérité, réussi à construire de petits objectifs avec des cristaux tirés de la manufacture du Creuzot, dirigée par M. Dufougerais; et plusieurs opticiens se servaient avec succès de son flint-glass pour ce genre de fabrication. Mais entre ces deux résultats et les grands objectifs achromatiques destinés à l'astronomie, la différence est énorme; car, d'un côté, la difficulté de rencontrer des

morceaux purs et transparens est incomparablement moindre dans les petites dimensions que dans les grandes, et d'un autre côté, les défauts de pureté et de transparence deviennent beaucoup plus sensibles dans les grandes lunettes, auxquelles on applique un grossissement beaucoup plus fort. En un mot, si quelques essais particuliers démontraient la possibilité d'arriver à fabriquer aussi des objectifs avec des matières françaises, ces tentatives n'avaient encore ni l'uniformité ni l'étendue qui caractérisent l'application de procédés fondés sur les principes de l'art. ●

D'où pouvait donc provenir jusqu'à présent cette infériorité des verreries françaises dans la fabrication du flint-glass? Venait-elle de l'imperfection des procédés ou du défaut de matières nécessaires à la fabrication de cette espèce de verre? Ces diverses questions se trouvent clairement résolues dans le Mémoire que M. d'Artigues vous a présenté.

Le flint-glass est un verre formé de sable, d'alkali, et d'une certaine quantité d'oxyde de plomb. L'addition de l'oxyde augmente la densité du verre et sa force réfringente; en même tems elle accroît sa faculté dispersive dans une proportion beaucoup plus considérable. Cette propriété est favorable à l'objet que l'on se propose dans la fabrication en grand du flint-glass; car on le destine à former des lustres, des flambeaux, des vases et d'autres meubles de luxe, connus sous le nom de cristaux, dont les surfaces taillées sous mille facettes différentes brillent de tout l'éclat de la lumière qu'elles décomposent. Dans la grande quantité de produits que

les fabriques de cristaux préparent, il peut s'en rencontrer quelques morceaux qui, par leur pureté, soient éminemment propres aux usages de l'optique. C'est du moins ainsi que la chance de les obtenir se multiplie, et c'est aussi de cette manière que les Anglais se procurent les matières dont ils construisent leurs grandes lunettes; car l'optique seule serait loin de fournir une consommation suffisante pour alimenter une verrerie. Or, c'est seulement depuis vingt-cinq ans que l'on a vu s'élever en France des manufactures de cristaux; et aujourd'hui même il n'en existe que trois de ce genre, celle de Saint-Louis, celle du Creuzot, et celle de Vonêche, qui, créée seulement depuis huit ans, par M. d'Artigues, répand annuellement dans le commerce pour près de deux millions de francs de cristaux. On conçoit, d'après cela, pourquoi nous avons été si long-tems obligés de tirer d'Angleterre le flint-glass pour la construction des lunettes achromatiques. N'ayant point sur notre sol de manufactures où l'on fabriquât en grand cette espèce de verre, il fallait bien le faire venir du dehors. Mais quoique de pareils établissemens soient les seuls où l'on puisse fabriquer du flint-glass propre à l'optique, ce qui deviendrait encore plus évident par la suite de ce rapport, cette condition est loin de suffire. L'art même de composer le verre et de le recueillir dans les creusets, de manière qu'il réunisse les caractères les plus favorables à cet usage; cet art, disons-nous, exige une foule de précautions raisonnées, que M. d'Artigues expose aussi dans le Mémoire dont nous rendons compte à la Classe.

Pour qu'un morceau de flint-glass soit propre  
à

à composer un bon objectif achromatique, il faut d'abord qu'il soit bien diaphane. De plus, s'il est composé de couches d'inégale densité, comme cela arrive presque nécessairement, il faut que ces couches soient bien parallèles entre elles. Enfin, il faut que, à réfraction égale, il disperse la lumière plus que le crown-glass avec lequel on se propose de le combiner. L'accroissement de la force dispersive s'obtient, comme nous l'avons annoncé plus haut, par l'addition d'une quantité plus ou moins considérable d'oxyde de plomb. La pesanteur spécifique de cet oxyde, beaucoup plus grande que celle des autres matières qui entrent dans la composition du verre, rend leur parfaite combinaison difficile: lorsque l'oxyde s'est combiné avec la moitié de son poids de sable, il agit beaucoup plus faiblement sur les autres molécules de sable qui se trouvent dans le creuset: cependant il agit encore; mais les molécules qui s'unissent à lui sont plutôt disséminées qu'engagées dans la combinaison, ou du moins elles forment une autre sorte de verre que les premières; on peut même, par l'addition de l'oxyde, porter cette différence à un point tel, que ces diverses couches vitreuses, de densités inégales, se séparent spontanément les unes des autres par le refroidissement, en vertu de la manière inégale dont elles transmettent la chaleur. M. d'Artigues a vu, dans des cas extrêmes, la densité passer ainsi subitement de 35 à 42, l'eau étant 10, dans des couches superposées immédiatement.

D'après ces résultats, on conçoit que, dans la fabrication du flint-glass, la pâte vitreuse tenue

en fusion dans les creusets, doit se disposer naturellement par couches horizontales, dont la densité va en croissant, depuis la surface supérieure où se rassemblent les scories et les couches les plus légères, jusqu'au fond du vase où se rassembleront les plus denses. La difficulté consistera donc à choisir parmi ces couches celles où la combinaison est la plus parfaite, et à les séparer des autres sans troubler leur parallélisme.

D'abord, quant au choix des couches, il est clair qu'il ne faudra point employer les couches supérieures, toujours salies par les impuretés qui s'élèvent à la surface des matières en fusion. Il ne faudra pas non plus choisir les couches qui sont absolument au fond du creuset; l'excès d'oxyde de plomb qu'elles contiennent y rend la combinaison moins parfaite, et altère considérablement leur transparence; car l'oxyde a la propriété de jaunir le verre: on pourrait même, par l'addition de l'oxyde, faire un flint-glass qui cesserait d'être transparent. C'est donc vers le milieu de la hauteur du creuset que l'on peut espérer de trouver les couches moyennes où la combinaison des élémens est la plus pure et la plus intime.

D'ailleurs, les creusets eux-mêmes, quoique composés d'argile aussi réfractaire qu'il est possible, ne laissent pas cependant d'être attaqués par l'oxyde; leur surface intérieure altère ainsi la pureté de la pâte vitreuse qui les touche; et par conséquent, pour recueillir un flint-glass pur, il faut s'éloigner de cette surface; c'est donc uniquement vers le centre des creusets que l'on peut espérer de trouver la matière la plus

propre à l'optique, et par-là on voit tout de suite pourquoi il est impossible d'obtenir cette matière autrement que par une fabrication en grand. Car on ne pourrait pas éviter l'altération des creusets, même quand on les ferait avec du platine (1). On ne remédierait pas davantage au défaut d'homogénéité des couches, et l'on perdrait l'avantage de leur parallélisme, qui ne peut s'obstenir qu'en grand. De pareils essais ne peuvent donc donner tout au plus que des petits morceaux de flint-glass pur, dont la fabrication toujours excessivement dispendieuse, ne pourrait avoir aucune application suivie.

Dans tout ce que nous venons de dire, d'après M. d'Artigues, sur le choix des couches les plus favorables à la recherche d'un flint-glass propre à l'optique, nous nous éloignons considérablement de l'opinion répandue jusqu'à ce jour parmi les opticiens et parmi les physiciens eux-mêmes; car ils semblent tous s'être accordés pour attribuer de grands avantages à l'accroissement de la pesanteur spécifique; en sorte que le flint-glass le plus dense est, selon eux, le meilleur pour faire des lunettes. Mais cette opinion, presque généralement admise, ne doit pas l'être sans restriction. La condition essentielle pour faire de bons objectifs n'est pas d'avoir du flint-glass bien lourd, mais du flint-glass bien pur, bien transparent, et suffisamment dispersif, pour qu'on puisse obtenir l'achromatisme, en le combinant

(1) Dans la fusion le platine est attaqué par l'oxyde. Ce fait intéressant a été communiqué à la Commission par M. Vanquelin, l'un de ses membres.

avec le crown-glass dont on fait usage. A la vérité, la réfringence du flint-glass augmentant avec sa densité, il en résulte que dans des circonstances d'ailleurs égales, un flint-glass plus dense permet de donner moins de courbure aux surfaces des lentilles, et par conséquent d'affaiblir davantage l'aberration de sphéricité; mais, malgré cela il ne faut pas considérer l'accroissement de courbure des surfaces comme une conséquence absolue et un résultat nécessaire de la diminution de la force réfringente du flint-glass. En effet, dans un objectif composé, les rayons des courbures ne dépendent pas seulement de la nature du flint-glass, mais aussi de celle du crown-glass avec lequel il est combiné. Or, si notre flint-glass français est moins réfringent et moins dispersif que le flint-glass des Anglais, notre crown-glass l'est aussi moins que le leur; et de là il résulte que nos objectifs achromatiques peuvent également se prêter aux mêmes rapports, entre les ouvertures des lunettes et les longueurs des foyers. Cette conséquence que nous tirons de la théorie est parfaitement confirmée par l'expérience, puisqu'avec le flint-glass de M. d'Artigues, le plus léger de ceux que l'on a employés jusqu'à ce jour, M. Cauchoix fait habituellement des objectifs dont le diamètre réel égale le douzième de leur distance focale; ce qui est la plus courte limite que l'on ait généralement obtenue, même en Angleterre. On n'a jamais trouvé jusqu'à présent que ce rapport de longueur fût incommode pour l'usage des lunettes, même de celles que l'on porte à la main; et quand on pourrait les accourcir un peu davan-

tage, en employant des flint-glass très-denses, cet avantage cesserait bientôt d'en être un, à cause du défaut de transparence, qui en serait la suite presque inévitable.

Après avoir déterminé les circonstances les plus favorables pour obtenir du flint-glass pur, diaphane, et propre aux usages de l'optique, il fallait trouver les moyens de l'extraire du centre des creusets sans altérer le parallélisme des couches. Sur ce point, M. d'Artigues a fait une infinité d'expériences; il essaya successivement de le laisser refroidir dans les creusets, de le couler en table comme des glaces. Ces procédés, et beaucoup d'autres qu'il tenta, ne réussirent jamais d'une manière constante. Des masses considérables qui semblaient parfaitement transparentes quand on les regardait à l'œil nu, donnaient à peine quelques morceaux dont on pût faire des objectifs. Le reste, et souvent la totalité, avait un aspect gélatineux qui altérait la pureté des contours et la netteté des images; ce qui prouve bien l'impossibilité de prononcer sur des produits de ce genre avant d'en avoir construit des objectifs d'un grand diamètre. Cependant M. Cauchoix, qui avait extrêmement à cœur de faire des lunettes avec des matières toutes françaises, et qui avait entrepris, dans cette vue, un grand nombre d'expériences sur les produits de nos diverses fabriques, était parvenu à tirer parti de quelques morceaux du flint-glass de M. d'Artigues, quoiqu'ils eussent une densité beaucoup moindre que celle du flint-glass anglais; il les lui porta, et ce premier succès rendit à M. d'Artigues un espoir auquel il avait pour ainsi dire renoncé.

M. d'Artigues, rempli du zèle et du désintéressement qui distinguent les véritables amis des arts, engagea M. Cauchoix à venir passer quelque tems avec lui dans ses établissemens, afin de déterminer ensemble, par des expériences précises, les procédés qui pouvaient rendre le succès constant et certain. Les objectifs déjà faits prouvaient la possibilité d'obtenir l'achromatisme avec des densités beaucoup moindres que celles que l'on avait jusqu'alors crues nécessaires. Cette remarque rendait le succès plus facile. Après beaucoup d'essais, il fut reconnu que le meilleur moyen de conserver le parallélisme des couches était de retirer d'abord les premières, comme trop impures pour fabriquer des objectifs, puis de puiser dans le centre du creuset la pâte vitreuse avec des cannes de fer, et de la souffler en manchons cylindriques. Le succès le plus constant fut le fruit de tant de persévérance. Les cylindres de flint-glass que M. d'Artigues fabrique aujourd'hui de cette manière, n'offrent presque plus que des morceaux excellens à employer. Dans un envoi de trente kilogrammes de flint-glass, qu'il a récemment adressés à M. Cauchoix, et desquels on a déjà tiré une douzaine d'objectifs de 75 millim. (33 lignes) de diamètre, deux de 108 millim. (4 pouces), et un grand nombre de plus petits, il n'y a pas eu un seul morceau de matière perdu; ce qui ne se rencontre jamais à ce point, même dans le flint-glass anglais, comme tous les opticiens le savent.

Le flint-glass obtenu de cette manière par M. d'Artigues, est extrêmement diaphane. Les

objectifs qui en sont composés ont une transparence dont on est frappé la première fois qu'on les emploie; c'est ce qui nous est arrivé, à M. Arrago et à moi, dans nos observations de latitude à Formentera. Nous employions alors un cercle de Fortin, dont M. Cauchoix avait fait les lunettes. Sans être prévenu de la nouveauté de leur construction, nous étions étonnés de la quantité de lumière qu'elles donnaient. La densité de ce flint-glass est en général de 3,15 à 3,20, celle de l'eau étant prise pour unité à la même température; sa réfraction est à celle du crown-glass français comme 157 à 151, et sa dispersion comme 160 est à 100. On conçoit que ces rapports ne sont que des résultats moyens, qui varient d'un morceau à un autre; en sorte que, pour procéder à coup sûr dans la construction des grands objectifs, il faut déterminer directement la réfraction et la dispersion des morceaux qu'on veut employer. Mais, du moins, les nombres que nous venons de rapporter, prouveront aux étrangers que les nouveaux objectifs dont nous allons parler sont réellement fabriqués en France avec des matières françaises et par un artiste français; car les produits des manufactures étrangères, et même des autres fabriques de France, diffèrent considérablement de ceux de M. d'Artigues, tant pour la densité que pour les autres propriétés physiques: et cette différence est très-caractéristique; car tandis que toutes les autres fabriques cherchaient à donner au flint-glass toute la pesanteur qu'il peut acquérir, M. d'Artigues est le seul qui se soit attaché à lui donner toute la transparence qu'il peut atteindre.

Nous ajouterons ici que la limpidité du flint-glass de M. d'Artigues tient aussi à la pureté du plomb dont il fait usage. Le plomb que l'on emploie d'ordinaire dans les fabriques du continent, est mêlé de cuivre, et quelquefois de fer, qui colorent le cristal en jaune ou en vert. Pour faire disparaître ces couleurs, les verriers n'ont d'autres moyens que de mettre dans la pâte vitreuse d'autres substances qui y portent les couleurs complémentaires de la lumière blanche; mais l'ensemble des couleurs artificielles ainsi mélangées ne peut jamais donner un blanc parfait; il n'en résulte qu'une couleur plus ou moins terne, suivant le nombre et la qualité des ingrédients que l'on a combinés. M. d'Artigues ayant trouvé le moyen de purifier directement les plombs dont il fait usage, est exempt de ces corrections, et obtient immédiatement un verre dont la blancheur n'est point altérée.

C'était beaucoup sans doute que d'être parvenu à composer, dans des fabriques françaises, les deux substances nécessaires pour la construction des lunettes achromatiques; mais lorsqu'on est parvenu à ce terme, il reste encore beaucoup de difficultés à vaincre. Il faut déterminer par l'expérience, et par une expérience très-délicate, les rapports suivant lesquels ces deux espèces de verre doivent être combinées pour produire l'achromatisme; il faut ensuite les tailler avec la plus grande exactitude, suivant les courbures que l'on a déterminées. Il faut finir par donner à leurs surfaces un poli égal et parfait; et, si quelque-une de ces opérations manque par un léger défaut de travail

ou par quelque imperfection de la matière, qu'il est impossible de prévoir, les images transmises par ces lentilles, que l'on croyait excellentes, deviennent vagues, confuses, et le pénible travail de plusieurs semaines se trouve perdu entièrement. C'est cependant à cette épreuve rigoureuse qu'il est indispensable de soumettre les nouvelles substances que l'on annonce comme propres aux usages de l'optique. Quelque pureté que semble présenter le verre, lorsqu'on le regarde à l'œil nu, quelque favorable qu'il paroisse pour la construction des objectifs, c'est seulement après avoir construit des lunettes excellentes et nombreuses, que l'on peut être assuré qu'il possède les avantages qu'on lui suppose. Car dans ces instruments, les moindres défauts de la matière sont vus au microscope, de sorte qu'il est impossible de les dissimuler: et c'est pourquoi ces épreuves ne doivent pas être regardées comme suffisantes, lorsqu'on n'a pu les faire que sur des lunettes communes, d'un petit diamètre, et dont le grossissement, toujours très-foible, ne se prête qu'à l'observation des objets terrestres. C'est seulement avec de grandes lunettes astronomiques, avec des objectifs de grandes dimensions, essayés la nuit sur la foible lumière des planètes, et particulièrement sur les bandes de Jupiter et sur le double anneau de Saturne, que l'on peut espérer d'établir une opinion raisonnée, des expériences rigoureuses, et un jugement décisif. Le nombre des objectifs d'une dimension inférieure peut ensuite offrir une preuve utile de l'abondance de la matière et de la certitude de sa fabrication; mais ces preuves

ne sauraient avoir de force que lorsqu'elles sont précédées par les autres, et il faut convenir que jusqu'à ce jour la facilité que l'on a montrée à suivre une marche différente, n'a pas été sans inconvénient pour les progrès de l'art. Vos Commissaires ont pensé qu'il était, cette fois, convenable de suivre rigoureusement ces principes, et ils ont cru devoir soumettre les résultats de M. d'Artigues et ceux de M. Cauchoix à un examen d'autant plus sévère qu'ils paraissaient leur donner plus d'espérance.

Lorsque M. d'Artigues vous présenta son Mémoire, M. Cauchoix y joignit un objectif de 102 millimètres (45 lignes) de diamètre, et de 1 mètre 27 millimètres (38 pouces) de foyer; quatre objectifs de 75 millim. (33 lignes) de diamètre, et de 1 mètre 137 millim. (42 pouces) de foyer; enfin une cinquantaine environ des diamètres de 61,56 et 45 millim. (27,25 et 20 lignes), et de 812,758,490 et 541 millimètres (30,28,20 et 18 pouces) de foyer.

Jamais, jusqu'alors, on n'avait présenté un si grand nombre d'objectifs de pareilles dimensions, faits avec des matières françaises. Pour estimer le mérite de ces objectifs avec exactitude, vos Commissaires jugèrent convenable de les porter à l'Observatoire impérial, afin de les comparer avec des lunettes anglaises de Dollond, de même dimension. On commença d'abord par les essayer sur des objets terrestres. On se servit, à cet effet, selon l'usage ordinaire, d'une affiche imprimée, placée à une grande distance, et offrant, dans les diverses lignes qui la composaient, tous les caractères de l'imprimerie, depuis les plus petites lettres jus-

qu'aux plus grandes capitales. Le nombre de lignes que l'on peut lire avec chaque lunette détermine le rang que l'on doit lui assigner. Dans cette épreuve, la première de celles que l'on doit faire subir à des lunettes, les objectifs français parurent soutenir très-bien la comparaison avec les lunettes anglaises. Ils parurent les égaler pour la netteté, pour l'achromatisme, et les surpasser par la quantité de lumière. Plusieurs membres du Bureau des Longitudes, et particulièrement feu M. de Fleurieu, notre confrère, qui étaient présents à ces premières expériences, parurent fort contents de leur succès.

Mais ce n'était encore là qu'un essai; il fallait éprouver la lunette d'un mètre sur le ciel, seule manière de l'apprécier avec certitude. C'est ce que l'on fit quelques jours après, en observant comparativement Jupiter et ses bandes avec cette lunette et avec une lunette de Dollond, dont l'ouverture était presque égale, mais qui avait une longueur focale plus grande d'un septième. Quoique cette différence favorisât considérablement la lunette anglaise, elle parut inférieure à celle de M. Cauchoix: elle était moins achromatique, et soutenait un grossissement moins fort. C'est le jugement qu'en ont porté plusieurs membres du Bureau des Longitudes, non-seulement d'après ce premier aperçu, mais d'après un grand nombre d'expériences répétées postérieurement.

Ces résultats suffisaient pour prouver d'une manière positive la possibilité de construire des lunettes achromatiques avec le flint-glass de M. d'Artigues, même dans les plus grandes

dimensions qui sont nécessaires à l'astronomie. Il ne s'agissait plus de quelques tentatives faites en petit et propres seulement à donner des espérances, mais d'une fabrication appropriée aux usages les plus délicats de l'optique, et qui, dirigée par des procédés sûrs dans leur marche, autant qu'étendus dans leur application, nous rendaient désormais indépendans, sous ce rapport, de l'industrie étrangère.

Cependant vos Commissaires ne crurent pas devoir prononcer encore. L'importance du résultat, l'exemple trop fréquent, dans la même matière, d'une approbation précipitée, bientôt démentie par l'expérience; enfin, l'espérance même qu'ils concevaient de voir les auteurs de ces produits en présenter de plus parfaits encore, leur firent un devoir de suspendre leur jugement. En conséquence, ils invitèrent M. Cauchois à essayer de fabriquer quelques nouvelles lunettes astronomiques dans des dimensions différentes, capables de balancer encore plus avantageusement les lunettes anglaises, et qui, par leur nombre, pussent prévenir jusqu'au doute que le succès de la première tentative eût été l'effet du hasard. Pour satisfaire à cette invitation, M. Cauchois entreprit la construction de plusieurs nouveaux objectifs de 102 millim. (45 lignes) d'ouverture; et M. d'Artigues, qui jusqu'alors lui avait donné généreusement tout le flint-glass dont il avait eu besoin, se fit encore un plaisir de lui fournir tout ce qui était nécessaire pour cette nouvelle entreprise.

Cette fois, il ne suffisait pas de réussir, il fallait réussir promptement, et la chose était

difficile. La construction des grandes lunettes achromatiques, telles que la pratiquent ordinairement les opticiens, même les opticiens anglais, si l'on en excepte Dollond et Rainsden, qui furent des physiciens du premier mérite; cette construction, disons-nous, a plusieurs parties entièrement sujettes au hasard. La première est la recherche de l'achromatisme: les opticiens ne l'obtiennent ordinairement qu'en construisant, sur les bassins qu'ils possèdent, et toujours à peu près sur les mêmes courbures, les lentilles de flint-glass qu'ils veulent employer. Ils construisent ensuite une multitude de lentilles de crown-glass, dans les dimensions qu'ils croient les plus propres à la compensation; puis, en les combinant successivement avec la lentille de flint-glass, et essayant tour-à-tour ces combinaisons diverses, ils s'arrêtent à celle que l'expérience leur fait connaître pour la meilleure ou pour la moins imparfaite. Aux difficultés de l'achromatisme se joignent celles du travail lui-même. La plus légère flexion dans les bassins qui servent à polir les verres, ou dans les verres eux-mêmes, une pression un peu plus forte sur les bords de l'objectif que sur le centre, pendant qu'on achève de le polir, toutes ces causes conspirent à changer le foyer de l'objectif, à dénaturer sa forme; et souvent une seule d'entre elles suffit pour le rendre incapable de servir. Enfin les défauts de la matière elle-même, défauts que l'on ne peut apercevoir qu'après l'achèvement de l'objectif, et qui sont si difficiles à éviter, surtout dans de grandes dimensions, s'ajoutent encore aux précédentes, pour faire, de la construction d'un excellent

objectif astronomique , une des opérations les plus difficiles des arts. Depuis long-tems M. Cauchoix avait reconnu ces diverses difficultés , et s'était essayé à les vaincre. S'il avait réussi le premier à trouver l'achromatisme ; en combinant le flint-glass de M. d'Artigues avec le crown-glass français , il ne devait pas cet avantage au hasard , mais à des expériences longues et difficiles , pareilles à celles que Dollond fit , dans l'origine , pour trouver les rapports de compensation du crown-glass et du flint-glass anglais. M. Cauchoix , suivant la même marche , avait fait un grand nombre de prismes avec le flint-glass et les crown-glass français , qu'il voulait employer. Il avait cherché par l'expérience quels étaient les angles sous lesquels les prismes formés de ces diverses espèces de verre se compensaient de la manière la plus favorable. Mais pour transporter le résultat de cet essai à la construction des lentilles et au calcul de leur courbure , il fallait déterminer les angles de ces prismes avec une grande précision. A cet effet , M. Cauchoix avait imaginé un instrument fort ingénieux , qu'il présenta dès-lors au Bureau des Longitudes , et que l'un de vos Commissaires lui a vu employer plusieurs fois avec succès pour de semblables déterminations. Cet instrument antérieur au goniomètre de M. Wollaston , et à celui de M. Malus , est également fondé sur les propriétés de la réflexion de la lumière , et permet de prendre pour chaque angle un nombre quelconque de mesures indépendantes les unes des autres. Cet instrument ne laissait rien à désirer ; mais la recherche de l'achromatisme par la

comparaison d'un grand nombre de prismes , était longue et difficile. On peut même avancer que cette méthode d'obtenir l'achromatisme par des essais , doit bien rarement le donner de la manière la plus exacte ; car à moins de multiplier considérablement le nombre de prismes , ce qui exigerait un travail très-dispendieux , les diverses comparaisons que l'on peut faire offriront toujours des termes assez éloignés les uns des autres pour qu'il y ait un avantage réel et sensible à choisir parmi les nuances qui les séparent.

Blair , dans les recherches nombreuses qu'il a faites sur la dispersion de la lumière à travers des milieux différens , n'en a pas trouvé deux dont la dispersion fût la même lorsque leur réfraction était différente. Cette dissemblance a encore été établie d'une manière plus précise par les expériences que l'un de nous a faites avec M. Cauchoix , sur les forces dispersives des diverses substances observées au cercle répétiteur. Pour pouvoir choisir parmi toutes ces variétés , M. Cauchoix et un de vos Commissaires , crurent d'abord qu'il suffirait d'observer séparément la réfraction particulière de chaque rayon coloré dans les substances dont on fait usage. Afin de le faire commodément , ils scellèrent dans une muraille solide une plaque horizontale de fer dont une partie débordait au-dehors ; sur cette partie extérieure ils fixèrent une glace bien plane , et sur cette glace deux règles aussi de glace , inclinées sous un angle quelconque. Ces prismes taillés sous des angles connus , avec les substances que l'on voulait examiner , se plaçaient vertica-

lement entre ces repaires constamment immobiles ; et l'une des faces de ces prismes , celle qui touchait les règles de glace , ayant toujours la même direction dans l'espace , il en résultait que les rayons lumineux d'une lampe placée à une distance connue tombaient toujours sur la face antérieure des prismes avec une inclinaison pareillement déterminée et facile à calculer. La lumière qui servait de signale était une lampe à courant d'air , enveloppée d'un tuyau métallique , auquel on avait fait une ouverture circulaire d'environ cinq millim. de rayon. Un cercle répéteur était placé derrière le prisme , de manière qu'une des lunettes recevant la lumière directe , l'autre recevait la lumière réfractée. A l'aide de cet appareil , on pouvait observer séparément la réfraction de chaque rayon , et par une petite correction analogue à une réduction au centre , on ramenait les résultats à ce qu'ils auraient été , si la lumière eût été placée à une distance infinie. La déviation du rayon vert , par exemple , donnait le rapport moyen de réfraction , et celle des autres rayons se plaçant autour d'elles aux intervalles fixés par l'expérience , déterminait l'étendue et la loi , et la force dispersive. On a ainsi obtenu des résultats fort différens pour les diverses substances ; c'est ce qu'il était facile de prévoir d'après les expériences de Blair , et même d'après les idées que l'on peut se faire sur la nature des forces dispersives.

Quelques-unes de ces expériences se trouveront mentionnées à la suite de ce rapport , avec les formules qui ont servi à les calculer. Nous dirons seulement ici , que , de toutes les substances

stances soumises à nos expériences , celle qui disperse le plus la lumière , est le liquide formé par la combinaison du soufre et de l'hydrogène. La force dispersive de ce liquide surpasse celle du flint-glass , et est décuple de celle de l'eau ; en sorte que l'hydrogène , qui est , de toutes les substances connues , la plus réfringente , paraît être aussi une des plus dispersives.

Si la loi de la dispersion était la même pour toutes les substances , ces résultats suffiraient pour calculer exactement les angles sous lesquels elles peuvent se compenser , il suffirait même pour cela d'accorder deux quelconques des rayons ; et si le vert et le rouge , par exemple , sortaient parallèles après avoir traversé les deux prismes , tous les autres rayons sortiraient parallèles aussi , et leur réunion formant de nouveau la lumière blanche , on obtiendrait un achromatisme parfait. Mais les choses ne sont point ainsi dans la nature ; la loi de la dispersion n'est pas la même pour tous les rayons , de sorte que , quand deux d'entre eux sont déterminés par le calcul à sortir parallèles , les autres sortent divergens ou convergens , et l'image des objets vus de cette manière se trouve bordée de franges colorées.

On peut même ainsi prévoir , d'après les lois de la dispersion , l'étendue et la couleur de ces franges. Pour atténuer cet inconvénient inévitable , il semble d'abord que le moyen le plus simple serait d'accorder ensemble les rayons extrêmes. Il est sensible , en effet , qu'en opérant de cette manière , les rayons intermédiaires ne devront pas s'écarter beaucoup des extrêmes. Mais ici se présente une nouvelle dif-

ficulté ; les diverses couleurs dont se compose le spectre n'ont pas toutes une égale intensité ; la lumière violette, surtout, se dégrade insensiblement dans une étendue considérable. Dans le soufre hydrogéné, par exemple, elle s'étendait si loin, qu'elle dépassait à elle seule tout le champ de notre lunette, de sorte qu'on pouvait l'y amener isolément. Mais dans cette série indéfinie, à quel terme faut-il s'arrêter, pour fixer les nuances, qui, par leur intensité, peuvent produire un défaut d'achromatisme sensible ? et s'il faut établir la compensation entre les rayons extrêmes, à quelle limite fixera-t-on ces extrêmes pour les accorder ?

Ces réflexions prouvent que la détermination de l'achromatisme par l'observation isolée des divers rayons lumineux, n'est nullement susceptible d'une application exacte ; et par conséquent les formules données pour cet objet, par les géomètres, peuvent être utiles pour guider l'expérience, mais ne sauraient y suppléer. L'observation nous a même fait faire à ce sujet une remarque assez curieuse, c'est que l'achromatisme que le calcul indique comme le moins inexact, n'est presque jamais celui qui satisfait le mieux l'organe, parce que le calcul donne à chaque couleur une valeur égale, tandis que l'œil fait entre elles une très-grande différence. Ainsi la plus petite frange de rouge ou de jaune affecte l'œil d'une manière insupportable, tandis qu'il les tolère avec facilité, si elles sont mélangées, et comme salées par d'autres teintes, telles que l'indigo ou le bleu, ce qui les transforme en franges d'un vert sombre ou d'un violet foncé. C'est donc le sens

de la vue lui-même qu'il faut consulter pour connaître la compensation des couleurs qui lui semble préférable. A cet égard, on ne peut regarder les résultats du calcul que comme de premières approximations, qu'il faut rectifier par l'expérience.

Plusieurs physiciens ont proposé des procédés divers pour remplir ces conditions sans être forcé de recourir à la construction des lentilles, ce qui deviendrait aussi pénible que dispendieux. Ces procédés se réduisent tous, en dernière analyse, à faire varier les positions respectives des prismes que l'on veut compenser, de manière que, dans ces diverses positions, la lumière qui les traverse soit réfractée inégalement ; comme elle le serait, par exemple, si l'on faisait varier les angles réfringens des prismes. Parmi ces constructions, la plus ingénieuse est celle que M. Kochon a imaginée et employée sous le nom de *Diasporamètre*. Mais si les appareils de ce genre, et particulièrement celui que nous venons de citer, sont propres à indiquer les différences des forces dispersives, ils le sont beaucoup moins à donner leur rapport avec exactitude, ou du moins ces rapports ne pourraient pas s'obtenir de cette manière sans des calculs pénibles et sans des expériences toujours fort difficiles à faire pour avoir exactement les positions des prismes, les incidences et la marche du rayon lumineux à l'instant où la compensation paraît établie. La nécessité d'obtenir des résultats applicables a conduit l'un de vos Commissaires (1)

(1) M. Biot.

et M. Cauchoix à imaginer un appareil qui va directement au but.

A l'extrémité de la lunette d'un cercle répéteur, on ajuste deux règles de cuivre d'un décimètre de longueur; entre ces règles, et perpendiculairement à leur direction, on place deux châssis de cuivre mobiles autour d'un axe perpendiculaire à l'axe optique de la lunette. Ces châssis peuvent s'arrêter dans une position fixe au moyen d'une vis de pression. Quand on veut connaître les angles sous lesquels se compensent deux substances d'une nature donnée, dont on a préalablement mesuré la dispersion et la réfraction, comme nous l'avons dit plus haut, on en fait deux prismes dont les angles sont ceux que le calcul indique comme donnant la compensation la plus favorable: puis, le limbe du cercle étant placé verticalement, on attache ces prismes sur les deux châssis, de façon que leurs angles réfringens soient dans un même plan, ce qui se fait aisément au moyen d'un niveau. Ensuite on dirige la lunette de manière à voir à travers les deux prismes les images des objets éloignés; et en donnant à l'un des deux prismes une position fixe quelconque, on fait varier doucement la position de l'autre. Ces variations changeant l'incidence du rayon sur sa face antérieure, font passer successivement l'image par les degrés de coloration les plus opposés. Parmi ces états divers et successifs il en est un qui plaît à l'œil plus que tous les autres; on le saisit pour ainsi dire au passage, et cela est d'autant plus facile que l'on s'en approche peu à peu, et qu'on le dépasse ensuite, ce qui peut se faire à plusieurs reprises, de

manière à ne laisser aucun doute sur le résultat. Quand on s'est décidé pour une certaine position, on y fixe les prismes, on détermine l'inclinaison de leurs surfaces par des procédés très-simples au moyen du niveau à bulle d'air; on observe aussi les incidences du rayon lumineux sur la face antérieure des prismes, et d'après ces données on calcule les rapports de compensation qui y correspondent. Ces rapports ainsi déterminés sont d'une exactitude réellement surprenante. Par exemple, en essayant ainsi deux prismes de crown-glass et de flint-glass; qui ont servi ensuite à construire de grands objectifs, une première expérience donna le rapport de compensation égale à 158,41, et une seconde expérience faite sur les mêmes prismes donna 158,17. Cependant ces expériences étaient faites dans des positions bien différentes des deux prismes; car, dans la première, l'inclinaison de leurs faces intérieures était de  $34^{\circ} 35' 40''$ , tandis que dans l'autre elle n'était que de  $40^{\circ} 0' 40''$ . Deux expériences faites de cette manière, pour compenser le crown-glass et l'huile de thérébentine, ont donné, pour le rapport de compensation, l'une 119,34, l'autre 119,32; les angles des faces intérieures étaient  $32^{\circ} 13' 28''$  dans la première, et  $12^{\circ} 58' 17''$  dans la deuxième. La possibilité de multiplier ainsi les expériences est un des principaux avantages de l'instrument dont il s'agit. Il doit sa grande exactitude à ce que la réfraction exercée par les prismes n'éprouvant de changemens que ceux qui résultent des changemens de l'incidence, varie par une dégradation très-lente. L'opération est pour ainsi dire la même que si l'on interposait,

entre les prismes que l'on compare, un prisme d'air qui achevât de les compenser; et comme la force réfringente de l'air est très-peu considérable par rapport à celle du verre, on voit que les changements d'inclinaison de ce prisme aérien répondent à des variations très-petites dans les angles réfringens des prismes solides auxquels on le compare.

Les compensations par les prismes étant bien connues, il faut en déduire les rayons des lentilles qui doivent former l'objectif achromatique. Pour cela, M. Cauchois assujettit les bords de ses lentilles à ce même rapport. Ces bords se trouvent ainsi achromatisés de la manière la plus favorable; le centre l'est aussi naturellement, puisque les surfaces y sont parallèles; la petite erreur qui peut se trouver entre ces deux limites est insensible, même dans les plus grands objectifs. C'est ce dont nous nous sommes assurés en couvrant leur surface par des anneaux opaques de différens diamètres. Les images ainsi transmises par une zone de l'objectif, même à la distance intermédiaire entre les bords et le centre, n'offrait pas de défaut d'achromatisme appréciable. Comme la condition de l'achromatisme ne suffit pas pour déterminer complètement la courbure des verres, M. Cauchois achève de les calculer comme à l'ordinaire d'après la théorie, de manière à affaiblir l'excès sphérique autant qu'il est possible; résultat dont on approche, surtout en diminuant les incidences et les émergences des rayons sur les surfaces qu'ils doivent traverser (1).

(1) Dans les notes qui doivent faire suite à ce Rapport, on montrera par le calcul pourquoi cette manière d'affaiblir

Toutes ces précautions, qui paraîtront peut-être minutieuses, sont cependant indispensables pour faire de bons objectifs achromatiques avec la plus grande chance possible de succès, c'est-à-dire de manière à n'avoir plus à redouter que les imperfections inévitables des matières dont on fait usage, sans être jamais arrêté, ou même retardé par le défaut de l'achromatisme. De tous les objectifs que M. Cauchois a construits de cette manière avec des substances solides ou liquides, il n'y en a pas eu un seul qui ait été en défaut sous ce rapport. Jamais on n'a été obligé de changer leur courbure pour perfectionner l'achromatisme, et, il en est, dans le nombre que nous avons essayé, avec un grossissement de cent cinquante fois sur le ciel, et de trois cents fois sur les objets terrestres, sans y apercevoir de couleurs sensibles.

Ces efforts, secondés par ceux que M. d'Arctiques n'a pas cessé de faire, ont enfin mis M. Cauchois en état de présenter au Bureau des Longitudes cent trente-cinq objectifs achromatiques terrestres, parmi lesquels il s'en trouvait cinq de 75 millim. (33 lign.) de diamètre, et de 1<sup>m</sup>,137 (42 pouc.) de foyer; quatorze de 61 millim. (27 lign.) de diamètre, et de 0<sup>m</sup>,812 (30 pouc.) de foyer; quatre de 56 millim. (25 lign.) de diamètre, et de 0<sup>m</sup>,731 (27 pouc.) de foyer; quatre de 497 millim. (22 lign.) de diamètre, et de 0<sup>m</sup>,45 (18 pouc.) de foyer; vingt-cinq de 45 millim. (20 lign.) de diamèt.

séparément l'excès sphérique pour chaque lentille en diminuant les émergences et les incidences des rayons, est préférable, dans la pratique, à toutes les autres.

et de 0<sup>m</sup>,487 (18 pouc.) de foyer ; enfin, soixante-treize de mesures diverses et très-variées. Outre ces objectifs, il y en avait quatre autres de 102 millim. (45 lign.) de diamètre, dont deux de 1<sup>m</sup>,137 (42 pouc.) de foyer, et deux de 2 mètres (6 pieds 2 pouc.) de foyer. Ces derniers avaient été construits depuis que M. d'Arignies nous avait présenté son Mémoire, et leur nombre suppose des efforts suivis avec autant de bonheur que de constance ; car Dollond n'a construit qu'un très-petit nombre d'objectifs de cette dimension pendant toute sa vie. MM. Bouvard et Arrago, chargés par le Bureau des Longitudes d'examiner ces produits, commencèrent par les lunettes terrestres, et les comparèrent avec de bonnes lunettes de Dollond, de mêmes dimensions. Dans le rapport qu'ils en ont fait au Bureau des Longitudes, ils s'expriment ainsi : « Il nous a semblé, en » général, que les lunettes de M. Cauchoix » sont supérieures à celles de Dollond, tant » pour la netteté que pour la clarté. Nous en » avons trouvé très-peu qui leur fussent infé- » rieures ; quelques-unes produisaient à-peu- » près le même effet ». Le moyen dont on se servait pour les comparer était une affiche imprimée placée à une grande distance, comme nous l'avons dit plus haut.

Les mêmes Commissaires ont ensuite examiné deux grandes lunettes astronomiques de 0<sup>m</sup>,102 (45 lign.) d'ouverture, et 1<sup>m</sup>,137 (42 p.) de foyer, ce qui est le plus petit rapport de longueur qu'on ait encore obtenu avec les flint-glass les plus denses. Ces deux lunettes ont été comparées à une lunette de Dollond, que pos-

sède l'Observatoire, et qui, avec une ouverture égale, a une grande longueur de foyer. La conclusion des Commissaires est que *les deux lunettes de M. Cauchoix leur semblent décidément supérieures à celle de Dollond.*

Quant aux lunettes de deux mètres, comme il ne s'en trouvait point à l'Observatoire qui leur fussent égales, les Commissaires les ont comparées avec deux excellentes lunettes de même ouverture et d'une dimension plus courte de 0<sup>m</sup>,325 et de 0<sup>m</sup>,433, qui ont été construites par notre excellent artiste, M. Lerebours, avec du flint-glass anglais. La conclusion des Commissaires a été que les lunettes de M. Cauchoix, quoique très-bonnes, leur ont paru inférieures à ces deux lunettes de M. Lerebours ; ce qui prouve que si la construction des instrumens d'optique de grandes dimensions a paru jusqu'ici moins parfaite en France que dans l'étranger, cela ne vient pas du défaut d'habileté de nos artistes, mais de la difficulté qu'ils avaient à se procurer du flint-glass, difficulté qui n'existe plus aujourd'hui, après les résultats dont nous venons de vous entretenir. Les Commissaires du Bureau des Longitudes, en reconnaissant la supériorité des deux lunettes de M. Lerebours, déclarent néanmoins *que le travail de M. Cauchoix leur a paru très-parfait. Le double anneau de Saturne, qu'on aperçoit si difficilement, se voyait assez distinctement avec ces grandes lunettes, malgré le peu de hauteur de cet astre sur l'horizon.* Cette dernière observation met les instrumens de M. Cauchoix bien au-dessus de tous ceux que l'on a jusqu'ici tenté de faire avec des ma-

tières françaises, et même au-dessus de tous les instrumens anglais qui existent en France. Ce succès doit l'encourager à redoubler d'efforts pour atteindre et surpasser, s'il est possible, tout ce que l'on a fait de mieux en ce genre avec des matières étrangères. Nous savons déjà qu'il a construit trois nouveaux objectifs de 108 millimètres (4 pouc.) de diamètre, et de 1<sup>m</sup>,624 (5 pieds) de foyer, qui paraissent excellens sur les objets terrestres, mais que le tems n'a pas encore permis d'essayer sur le ciel (1). M. Lerebours nous a aussi annoncé qu'il a essayé de construire pareillement de grands objectifs avec le flint-glass de M. d'Artigues. On doit beaucoup attendre de ce célèbre artiste; mais il est juste aussi de remarquer que M. Cauchoix a été le premier qui, par d'heureux efforts, est parvenu à reconnaître la possibilité d'employer cette matière, et qu'il est jusqu'à présent le seul qui en ait construit de grands objectifs éprouvés sur le ciel.

Quant à la qualité même de la matière dont ces objectifs sont construits, les Commissaires du Bureau des Longitudes ajoutent: « Nous croyons pouvoir affirmer que le flint-glass de M. d'Artigues, dont s'est servi M. Cauchoix, est très-propre à faire des lunettes achromatiques, puisque toutes celles que nous avons examinées ne laissent rien à désirer à cet égard ». Ils ont toutefois remarqué qu'il

(1) Depuis la lecture de ce Rapport, j'ai essayé ces trois objectifs sur Jupiter, et je peux assurer qu'ils produiront un excellent effet. Ce qui porte à huit le nombre des grands objectifs faits par M. Cauchoix, avec le flint-glass de M. d'Artigues dans le cours de cette année. (Biot.)

existe encore, dans la plupart de ces objectifs, des fils ou stries extrêmement fins, qui ne paroissent nullement nuire à la vision, mais qu'il faut cependant engager M. d'Artigues à faire disparaître, pour donner à ses résultats toute la perfection dont ils paraissent susceptibles. Peut-être des fontes de verre encore plus considérables, dans des creusets d'un plus grand calibre, donneront-elles les moyens de faire complètement disparaître ces légers défauts qui, ainsi que nous pouvons l'affirmer, n'empêchent pas que le nouveau flint-glass, dans son état actuel, ne soit déjà éminemment propre aux usages les plus délicats de l'optique, et ne suffise, dès-à-présent, pour tous les besoins de cet art en France et sur le continent. Déjà la fabrication de M. Cauchoix prend un accroissement très-rapide, et l'engagement qu'il a pris avec lui-même, de ne jamais donner d'objectifs inférieurs à ceux qui sont sortis des ateliers de Dollond, donne lieu de penser qu'il est digne de la faveur que le public lui accorde (1).

En résumant ici les faits dont nous vous avons entretenus dans ce rapport, nous pensons que l'Institut doit constater par le témoignage le plus honorable, *les résultats que M. d'Artigues a obtenus le premier dans la fabrication en grand d'un flint-glass reconnu éminemment propre aux usages de l'optique*. Ces résultats devront tenir une place remarquable dans l'histoire de la verrerie, dont la Classe a confié la

(1) M. Cauchoix demeure rue des Amandiers, à l'ancien Collège des Grassins.

rédação à M. d'Artigues lui-même ; et nous nous plaisons à remarquer qu'ils ne sont pas dus à son talent, comme chimiste, mais aussi à la persévérance et à la générosité de ses vues. Ce n'est point un motif d'intérêt particulier qui l'a porté à ces recherches difficiles et dispendieuses ; c'est le vif désir, c'est la ferme volonté d'élever son art, en France, au degré de perfection où il est chez l'étranger. Il est également juste de reconnaître, comme le fait M. d'Artigues, la part que M. Cauchoix a eue dans cette honorable entreprise, en montrant le premier la possibilité d'employer le nouveau flint-glass, et en prouvant sa bonté par la construction d'excellentes lunettes astronomiques. Ces lunettes sont les premières qui aient été construites dans de grandes dimensions avec des matières françaises ; et par leur perfection autant que par leur nombre, elles prouvent d'une manière incontestable, que l'art de l'optique, en France, est désormais indépendant de toute industrie étrangère.

A l'Institut, le 21 janvier 1811.

Signé LAPLACE, CHARLES, VAUQUELIN,  
et BIOT, rapporteur.

La Classe des Sciences physiques et mathématiques, après avoir entendu la lecture de ce Rapport, l'a sanctionné par son approbation. Elle en a ordonné l'impression dans ses Mémoires, et a décidé que le Mémoire de M. d'Artigues, sur la fabrication du flint-glass, serait imprimé dans le *Recueil des Savans Etrangers*.

---

SUR LA RÉSISTANCE  
QUE LE MOUVEMENT DE L'AIR ÉPROUVE  
DANS LES TUYAUX D'UNE GRANDE LONGUEUR.

---

M. Baader, dans la préface de son *Traité sur les Machines soufflantes*, expose un résultat remarquable auquel M. Wilkinson a été conduit en voulant fournir le vent à un haut fourneau, au moyen de l'eau d'un ruisseau qui en était très-éloigné. Nous avons déjà fixé l'attention de nos lecteurs sur ce résultat (1), dans le dessein de provoquer de nouvelles recherches et de nouvelles observations. Pour remplir le but que nous nous sommes proposé, en donnant de la publicité à l'expérience de M. Wilkinson, nous ne devons pas omettre de faire connaître ici d'autres expériences, qui ont aussi pour objet le mouvement de l'air dans de longs tuyaux. Dans l'article suivant, que nous avons extrait du *Bulletin des Sciences*, on trouvera tous les détails nécessaires pour se former une juste idée des expériences dont il s'agit maintenant.

---

*Expériences sur la Résistance que le mouvement de l'air éprouve dans les tuyaux d'une grande longueur ; par MM. LEHOT, DÉSORMES et CLÉMENT.*

ON a inséré dans le *Journal des Mines* (n<sup>o</sup>. 152), la traduction d'un passage du *Traité* de M. Baader sur les machines soufflantes, dans lequel il rapporte une expérience bien singulière attribuée à M. Wilkinson. On dit que ce

---

(1) Voyez le *Journal des Mines*, t. 26, p. 112.

fameux maître de forges ayant établi des soufflets à 1620 mètres de distance des fourneaux qu'ils devaient mettre en feu, par le moyen d'un tuyau de fer fondu de 33 centimètres de diamètre, il n'a pu réussir à exciter le moindre vent à l'extrémité du tuyau, et qu'il a été obligé d'abandonner son projet.

On ajoute, qu'après avoir fermé la soupape de sûreté des soufflets, la grande roue hydraulique qui devait les faire mouvoir s'est arrêtée malgré tout l'effort de la chute d'eau; dans le voisinage de la roue, l'air s'échappait avec violence de toutes les petites issues qu'il trouvait; mais à une distance de 200 mètres, à peine obtenait-on, par un petit orifice, un vent capable d'agiter la flamme d'une chandelle; d'ailleurs, on s'était assuré que le tuyau n'était ni fermé, ni obstrué nulle part.

Ce récit est en contradiction complète, non-seulement avec la théorie admise du mouvement des fluides élastiques, mais encore avec plusieurs expériences que l'on fait fréquemment; cependant loin d'être discuté, il paraît avoir obtenu la confiance de quelques personnes.

Dans l'exécution de la pompe qui a élevé d'un seul jet l'eau de la Seine, jusqu'au sommet de la montagne de Marly, on a eu soin de laisser à différentes distances sur la conduite de 1370 mètres, qui devait porter l'eau à l'aqueduc, des ouvertures munies de robinets que l'on fermait aussitôt l'arrivée de l'eau. On s'était imaginé que la longue colonne d'air qui remplissait la conduite avant le jeu de la pompe, adhérerait très-fortement aux parois de cette con-

duite, que ce serait un obstacle invincible pour la roue que d'expulser cette colonne toute entière, et on pensait diminuer beaucoup cet obstacle en laissant des ouvertures qui permettraient à la colonne d'air de sortir par parties. Comme on a obtenu le succès que l'on espérait, on n'a pas manqué d'en attribuer la cause aux précautions que l'on avait prises pour expulser l'air de la conduite. Ainsi, on est resté persuadé qu'une roue de 12 mètr. de diamètre qui reçoit tout l'effort d'une chute d'eau égale en puissance à plus de 500 chevaux, que cette roue, disons-nous, n'aurait pas pu vaincre l'adhérence de l'air pour un tuyau de 11 centimètres de diamètre, sur 1370 mètres de longueur, quoiqu'avec raison on la crût bien capable d'élever l'eau à 160 mètr. de hauteur verticale.

Il est à regretter que dans l'expérience citée par M. Baader, on n'ait pas observé la pression de l'air dans les soufflets, mais on peut bien supposer que dans ce cas singulier, elle n'aura pas été moindre que celle qui peut avoir lieu dans les soufflets du Creusot; construits sur les indications de M. Wilkinson lui-même, laquelle est quelquefois de 2 mètr. d'eau, ce qui équivaut à une colonne d'air d'environ 1620 mètr. de hauteur. Ainsi l'expérience supposerait que le frottement de l'air dans un tuyau de fonte de 33 centimètres de diamètre, et de 1620 mètr. de longueur, est plus que suffisant pour résister au poids d'une colonne d'air de même longueur; ou en d'autres termes, qu'un tuyau de 33 centimètres de diamètre aurait sur l'air une action si grande que ce fluide pour-

rait s'y soutenir à 1620 mètr. de hauteur sans aucune autre force favorable ; conclusion tellement bizarre qu'on ose à peine l'énoncer.

D'après ces considérations, il était intéressant de rechercher par de nouvelles expériences quelle est réellement la résistance que l'air éprouve à se mouvoir dans les tuyaux, et que M. Baader regarde comme beaucoup plus grande que celle éprouvée par l'eau dans les mêmes circonstances. Nous avons fait quelques-unes de ces expériences, et nous allons en rapporter les résultats.

Dans l'une des galeries du canal de l'Ourcq, se trouvent deux tuyaux de fonte de fer légèrement courbes, de 25 centimètres de diamètre, et de 447 mètr. 50 centimèt. de longueur. A l'extrémité de l'un de ces tuyaux, on a mis un bouchon percé d'un petit trou, recevant la douille d'un soufflet d'appartement, muni d'une soupape. On frappait un coup de marteau sur l'autre tuyau, au même instant où l'on donnait un coup de soufflet, et on observait constamment à l'autre extrémité que l'agitation de la flamme d'une chandelle par le coup de soufflet, et le son du marteau étaient simultanés. Rien n'est plus certain que cette égalité dans la durée de la transmission du son et de l'effet du vent ; la plus légère différence aurait été aperçue, car on avait l'oreille à l'un des tuyaux, et l'œil fixé sur la flamme de la chandelle placée devant l'issue de l'autre tuyau.

Nous avons substitué au soufflet un ventilateur de Desaguillers, d'un mètre de diamètre portant trois ailes ; on a mis l'ouverture qui est à son centre en communication avec le tuyau  
de

de fonte, et au même instant où le ventilateur se mettait en mouvement, on articulait un son. L'observateur placé à l'autre extrémité du tuyau y voyait la flamme agitée aussitôt qu'il entendait le son.

Mais il faut cependant remarquer que malgré cette rapidité dans la transmission de l'effet du vent, sa plus grande vitesse n'avait lieu qu'après un tems assez long, ce que l'on jugeait facilement à l'inclinaison d'un petit anémomètre. Le même moyen nous a fait voir aussi que quand notre longue colonne d'air avait acquis une grande vitesse, elle ne décroissait que fort lentement, quoiqu'on arrêât brusquement le ventilateur ; il s'écoulait jusqu'à 67 secondes avant qu'elle fût devenue insensible, quand la vitesse maxime était d'environ 4 mètres.

Les expériences précédentes nous ayant appris que la faible pression déterminée par notre petit ventilateur était bien suffisante pour obtenir un vent très-sensible dans notre long tuyau ; nous avons voulu apprécier sa vitesse. Nous avons placé à l'extrémité du tuyau, un anémomètre formé d'un plan de fer-blanc, dont la surface rectangulaire avait 1800 millimètres carrés, et qui pesait 3,45 grammes. Ce plan était mobile autour d'un axe, et par les diverses inclinaisons qu'il prenait, nous indiquait la vitesse du vent. Nous avons calculé que quand notre anémomètre se tenait horizontalement, le vent était à peu près de 4 mètres par seconde. L'observation avec le tube de Pitot nous donnait le même résultat. Alors le ventilateur faisait trois tours dans le même tems.

Non-seulement le vent se manifeste à l'extrémité d'un tuyau de 447<sup>m</sup>,50 centimètres d'une manière aussi évidente et aussi prompte, quand cette extrémité seule est ouverte, pour permettre le courant d'air aspiré par le ventilateur; mais si l'on fait au tuyau un orifice de 9 centimètres de diamètre, immédiatement auprès de cette machine, et que l'on réduise celui de l'autre extrémité à la même dimension, on observe que les anémomètres placés aux deux ouvertures prennent des inclinaisons très-sensibles. Celui voisin du ventilateur indique une vitesse de 2<sup>m</sup>,50 centimètres, quand l'autre en marque une de 1<sup>m</sup>,62 centimètres, à 447<sup>m</sup>,50 centimètres de distance. Cependant les tuyaux n'avaient pas encore été éprouvés, et quelques-uns de leurs joints nombreux permettaient sans doute l'entrée de l'air.

Nous avons donc trouvé qu'une simple pression de 2 à 3 millimètres d'eau déterminait un vent assez considérable qui éteignait très-bien les chandelles, à 447<sup>m</sup>,50 centimètres de distance; dans un orifice fort grand, et que la propagation de l'effet de ce vent était aussi rapide que celle du son. Cependant, d'après le récit de M. Baader, toute la puissance d'une roue hydraulique que l'on peut bien croire capable d'exercer une pression de 2 mètr. d'eau, c'est-à-dire, environ mille fois plus grande que celle que nous avons opérée; toute cette puissance, disons-nous, pouvait à peine agiter la flamme d'une chandelle à 200 mètr. seulement, et dans un tuyau beaucoup plus grand que celui qui nous a servi. Nos expériences sont donc entièrement contradictoires avec

celle que M. Baader attribue à M. Wilkinson, et il faut croire que dans celle-ci, on aura été induit en erreur par quelques circonstances inaperçues.

Nous avons profité de cette occasion pour mesurer la vitesse du son dans les tuyaux, elle s'est trouvée de 340<sup>m</sup>,5 par seconde, la température étant de 12°,5 centigrades, et la pression atmosphérique égale à 76 centim. de mercure. Cette vitesse ne diffère que de 2<sup>m</sup>,5 de celle trouvée par l'Académie.

Le son transmis par la matière même des tuyaux, et que l'on distingue très-aisément de celui transmis par l'air, a une vitesse bien plus grande, que cependant nous avons trouvée bien inférieure à celle que M. Biot a observée. Elle nous a semblée de 593 mètr. par seconde; mais les tuyaux à travers lesquels se propageait le son avec cette vitesse, étaient formés d'un grand nombre de pièces assemblées avec des vis, et laissant entre elles des espaces occupés par du cuir ou d'autres corps mous; et ces tuyaux ne peuvent être regardés comme un corps homogène, dans lequel sans doute la vitesse du son serait encore bien plus grande.

L'accord de tous les faits que nous avons rapportés, avec la vraie théorie du mouvement des fluides élastiques, nous semble rendre toutes explications superflues.

## A N N O N C E S

CONCERNANT les Mines, les Sciences et  
les Arts.

## GÉOLOGIE.

Extrait d'un Mémoire de M. d'AUBUISSON, Ingénieur en  
chef au Corps impérial des Mines, sur des Roches  
primitives homogènes en apparence (1).

ON comprend sous la dénomination de *roches*, les masses minérales qui se trouvent dans la nature en assez grand nombre pour pouvoir être regardées comme parties de la charpente du globe terrestre. Les unes sont composées de minéraux différens, immédiatement aggrégés les uns aux autres; tel est le granite. Les autres ne présentant qu'un seul minéral, sont *simples* ou *homogènes*; tel est le calcaire. Entre les roches de ces deux sortes, il en est encore qui participent des unes et des autres: elles sont vraisemblablement composées de minéraux différens; mais ils s'y trouvent tellement fondus les uns dans les autres, ou en parties si petites, que l'œil ne saurait les distinguer; et il en résulte une masse *homogène en apparence*. C'est des roches primitives de cette troisième espèce dont il est parlé dans le Mémoire de M. d'Aubuisson.

L'auteur les regarde comme n'étant que des roches composées, qui, par suite d'une diminution dans le volume du grain, sont passées en quelque sorte à l'état compacte. Ainsi, lorsque les grains de feldspath, quartz et mica, qui composent le granite, ne peuvent plus être distingués les uns des autres, cette roche passe au porphyre,

(1) Cet article et le suivant sont extraits du *Nouveau Buil. des Sc.*

ou plutôt à la base des porphyres, et dant cet état, M. d'Aubuisson la nomme *eurite* (1). Il pense que le *phyllade* (2) n'est qu'un schiste micacé, dont les élémens, par suite d'une cristallisation confuse, sont fondus les uns dans les autres.

« En définitif, continue-t-il, on a dans les terrains primitifs, cinq minéraux différens, le feldspath, le quartz, le mica, le talc et l'amphibole (les autres n'y sont presque partout qu'en très-petite quantité). Ces cinq minéraux peuvent être mêlés ensemble en toute proportion, mais presque toujours il y en a un qui domine; et lorsque la roche dans laquelle il se trouve devient compacte, il lui imprime ses principaux caractères. D'après cela, on doit avoir cinq espèces de roches homogènes en apparence, que je désignerai sous les noms de *eurite*, *kératite*, *ophibase*, *serpentine* et *phyllade*. D'après leur essence, elles peuvent être désignées ainsi qu'il suit :

*L'eurite est une roche d'apparence homogène, dans laquelle les principes du feldspath dominant notablement.*

*Dans la kératite, les principes du quartz sont les dominans;*

*Dans l'ophibase, ce sont ceux de l'amphibole;*

*Dans la serpentine, ceux du talc;*

*Dans le phyllade enfin, ce sont vraisemblablement ceux du mica.*

L'auteur établit ensuite les caractères à l'aide desquels on peut reconnaître ces diverses roches, et auxquels il

(1) C'est la roche appelée par Dolomieu, *pétrosilex*. Mais comme ce nom avait été donné à une toute autre substance par les anciens minéralogistes, et surtout par Valérius, qui refuse à son pétrosilex le principal caractère de l'eurite, lorsqu'il dit: *pétrosilices nullibi rupes constituunt*; que d'ailleurs ce nom, en éveillant l'idée d'une fausse analogie avec le silix, avait occasionné et occasionnait encore de la confusion; nous avons cru devoir le remplacer par celui d'*eurite*, qui signifie, en grec, *fondant bien*, et qui est ainsi pris d'un des principaux caractères distinctifs de la roche.

(2) Cette roche est celle qui est nommée improprement *thonschieffer* par les Allemands, et plus improprement encore *schiste argileux* par la plupart des minéralogistes français. Le nom de *phyllade*, qui lui a été donné par M. Brochant, signifie *amas de feuilles*.

pensé même que leur nom doit rester attaché. Ainsi, l'on dira :

*L'éurite est une roche FUSIBLE AU CHALUMEAU EN ÉMAIL BLANC, un peu coloré; DURE; à cassure matte et compacte, et non effervescente.* Lorsque son tissu se relâche, elle prend un aspect un peu terreux, et sa dureté diminue.

*La kérate est INFUSIBLE, DURE, à cassure matte et compacte.*

*L'ophibase est FUSIBLE EN ÉMAIL NOIR, semi-dure, approchant quelquefois du dur; de couleur verte ou noir-verdâtre, et d'une cassure tantôt compacte, tantôt terreuse, à grain fin (1).*

*La serpentine est TENDRE, approchant quelquefois du semi-dur; sa poussière est DOUCE au toucher; elle est infusible, et ne fond que lorsqu'elle est mélangée de fer ou d'autres matières étrangères.*

*Le phyllade a une TEXTURE SCHISTEUSE; il est fusible en une scorie plus ou moins colorée; il est TENDRE, et sa poussière est grise.*

### OUVRAGE NOUVEAU.

*Extrait d'un rapport fait par M. CARNOT, à la Classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut, sur le Traité élémentaire des Machines (2), par M. HACHETTE, instituteur à l'École impériale polytechnique.*

Le but que s'est proposé M. Hachette, a été de faire connaître, par une description exacte, et par l'analyse de leurs propriétés, les principales machines inventées jusqu'à ce jour, en se bornant néanmoins à celles qui ont pour objet l'économie des forces.

L'auteur développe, par un grand nombre de planches fort soignées, la construction de chaque machine, et il y

(1) L'ophibase forme la pâte de l'opiate ou *serpentino verde antico* des Italiens, de la *variolite* de la Durance, etc. Le nom par lequel je la désigne, lui a été donné par de Saussure. (Voyage aux Alpes, p. 1539).

(2) Un vol. in-4°, 28 pl. in-fol., se vend chez J. Klostermann, rue du Jardinnet, n°. 13.

joint le discours explicatif pour en donner une parfaite intelligence; il évalue ensuite les effets de cette machine, et il en discute tant par la théorie que par l'expérience, les avantages et les défauts.

L'ouvrage est divisé en trois chapitres. Dans le premier, l'auteur considère successivement le mode d'action propre à chacun des quatre agens principaux, auxquels se réduisent tous ceux qui existent dans la nature. Ce sont les animaux, l'eau, le vent et les combustibles.

Le second traite de la théorie des engrenages dans toute son étendue.

Le troisième enfin est consacré à l'examen particulier des machines employées dans les diverses branches de l'architecture.

L'objet de toute machine est de modifier l'action d'un moteur donné, suivant le but qu'on se propose. Cette machine peut modifier l'action du moteur ou relativement à sa direction, ou relativement à sa quotité. Les différentes directions que la machine fait prendre à l'action du moteur, dépendent de la liaison que la forme même de la machine établit entre les corps, et se rapportent aux mouvemens purement géométriques, dont la théorie complète serait si importante. L'auteur donne, dans sa première planche, le tableau de ces mouvemens géométriques les plus usités dans l'emploi des machines. Ce tableau et son explication sont le résumé d'un ouvrage plus étendu, déjà publié en 1808, en commun avec MM. Lantz et Betancourt, sous le nom d'*Essai sur la composition des Machines*.

Quant aux modifications que cette machine fait éprouver à l'action du moteur sous le rapport de sa quotité, en la transmettant aux mobiles qui doivent le recevoir, elles sont du domaine de la mécanique proprement dite, et l'objet spécial du nouvel ouvrage de M. Hachette.

On considère les machines soit dans l'état de repos, soit dans l'état de mouvement, ce qui divise la mécanique proprement dite, dont nous venons de parler, en deux parties, la statique et la dynamique.

Le principe des vitesses virtuelles sert à calculer l'effet des machines dans le cas de l'équilibre, et celui de la conservation des forces vives dans le cas du mouvement. Or, on sait que ces deux principes ne sont, à proprement

parler, qu'un seul et même principe envisagé sous deux aspects différens.

Mais les machines sont en général plutôt destinées au mouvement qu'au repos; aussi le principe de la conservation des forces vives qui s'applique immédiatement au cas du mouvement, est celui dont on fait principalement usage dans l'emploi des machines, où son application est aussi commode que générale.

En effet, s'il s'agit, par exemple, d'élever une masse d'eau à une certaine hauteur, ce ne sera pas seulement par la quantité d'eau élevée qu'on jugera de l'effet dynamique de la machine employée, mais encore par la hauteur à laquelle il a fallu l'élever, c'est-à-dire, que cet effet doit s'évaluer par le produit du poids et de la hauteur, ou de la masse par le carré de la vitesse due à cette hauteur, quantité qui est une force vive.

De même, s'il s'agit de comprimer un ressort, ce ne sera pas seulement la pression instantanée du ressort qu'il faudra considérer, mais encore ce dont on l'a obligé de s'accourcir ou de s'allonger, effet qui peut également se réduire à une certaine quantité de forces vives.

Le travail d'un cheval, qui est une machine vivante, s'estime à raison de la charge qu'il mène et de la distance à laquelle il la transporte; un ouvrier se paye en proportion de la quantité de terre qu'il fouille et de la profondeur d'où il la tire; un moulin est estimé suivant la quantité de grain qu'il peut moudre; la poudre à canon en raison de l'amplitude de la courbe décrite par la bombe qu'elle a lancée; tous effets qui peuvent s'évaluer en forces vives: en un mot, on ne peut s'arrêter quelque temps sur la considération des machines en mouvement, sans rencontrer à chaque pas la force vive, tantôt sous sa forme explicite, tantôt sous forme latente, c'est-à-dire, sous la forme d'une fonction qui peut toujours se transformer en celle de la force vive proprement dite.

Le principe de la conservation des forces vives ayant lieu pour tout système de corps qui change d'état par degrés insensibles, soit qu'ils agissent immédiatement les uns sur les autres, soit qu'ils se transmettent leurs mouvemens respectifs par un assemblage quelconque de fils inextensibles, de verges incompressibles et de leviers, ce

principe, dis-je, semble être spécialement approprié au calcul des machines; et comme il est indépendant de la forme même de ces machines, on conçoit combien son application doit être générale, et combien de calculs résultant de la configuration particulière de telle ou telle machine, il doit épargner.

Ce sont sans doute ces considérations vraies qui ont déterminé M. Hachette à prendre ce principe pour base de sa théorie, dans un Traité qu'il voulait rendre usuel, même pour les artistes qui ont seulement les premières notions de la mécanique et de la géométrie descriptive; car on sait que ces artistes, doués souvent d'une sagacité naturelle, s'effraient quelquefois des moindres calculs algébriques, qu'ils s'en délient, et ne savent point faire usage de leurs résultats.

En établissant ainsi sur le principe de la conservation des forces vives, la théorie des machines en mouvement, tout ce qui se rapporte à la quotité des forces, est, comme nous l'avons remarqué ci-dessus, indépendant de la configuration des machines, tandis qu'au contraire, tout ce qui tient à la direction de ces mêmes forces, dépend uniquement de la liaison qu'établit cette configuration entre les mobiles qui lui sont appliqués, ce qui sépare naturellement, et conformément au plan qu'a suivi l'auteur, la théorie des machines en deux parties très-distinctes, l'une ayant pour objet les seules directions des forces, et l'autre leur seule quotité.

L'ouvrage qui est l'objet de ce rapport, servant de texte aux leçons que M. Hachette fait à l'Ecole polytechnique sur les machines, le conseil de perfectionnement l'a mis au rang des livres adoptés pour l'usage des élèves de cette Ecole.

## DÉCRETS IMPÉRIAUX,

*Et principaux Actes émanés du Gouvernement,  
sur les Mines, Minières, Usines, Salines  
et Carrières, pendant le mois d'avril de  
l'année 1811.*

Décret qui  
augmente  
le nombre  
des ingé-  
nieurs en  
chef des  
mines.

Décret portant que le nombre des ingénieurs en chef sera porté à 18. — Du 5 avril 1811.

**NAPOLÉON**, EMPEREUR DES FRANÇAIS, ROI D'ITALIE,  
PROTECTEUR DE LA CONFÉDÉRATION DU RHIN, etc. etc. etc.

Sur le rapport de notre Ministre de l'Intérieur,  
Notre Conseil d'Etat entendu, nous avons décrété et  
décrétons ce qui suit :

Art. 1. Le nombre des ingénieurs en chef des mines,  
porté à quinze par notre décret du 18 novembre 1810, ar-  
ticle 2, sera de dix-huit.

2. Notre Ministre de l'Intérieur est chargé de l'exécution  
du présent décret, qui sera inséré au Bulletin des Lois.

Signé **NAPOLÉON**.

PAR L'EMPEREUR : le Ministre Secrétaire d'Etat,  
Signé H. B., Duc de Bassano.

Décret qui  
autorise le  
déplace-  
ment de la  
platinerie à  
fer de Villerupt.

Décret qui autorise le propriétaire de la platinerie à fer établie à Villerupt, à transporter cette usine sur le territoire de Russange, arrondissement de Bricy (Moselle). — Du 9 avril 1811.

**NAPOLÉON**, EMPEREUR DES FRANÇAIS, etc. etc. etc.

Art. 1. La dame Louise-Victoire-Rose Parfaite Duchelard, épouse, non commune en biens, du sieur Baude de la Vieuville, est autorisée à transporter la platinerie à fer qu'elle possède à Villerupt, arrondissement de Bricy, département de la Moselle, sur le territoire de Russange, même arrondissement, et sur l'emplacement dont elle est propriétaire, situé au plan annexé au présent décret.

2. Il sera formé au-dessus de cette usine une retenue d'eau

de soixante-dix mètres de largeur, sur cent cinquante-quatre mètres de longueur, et à la hauteur d'un mètre cinquante centimètres en tête de la retenue.

3. Pour soutenir les eaux de cette retenue, il sera fait une digue de huit mètres de largeur, revêtue intérieurement en maçonnerie, et deux levées, dont celle à droite servira à la communication de Russange à Villerupt, et aura même largeur en couronne que la digue; la levée à gauche aura seulement quatre mètres, non compris les talus qui seront faits à terre coulante : cette digue et les levées seront à cinquante centimètres au-dessus du niveau des eaux.

4. Les eaux de cette retenue seront amenées sur les roues par des conduits en fonte ou en bois de chêne, et ces roues devront avoir deux mètres vingt-cinq centimètres de diamètre.

5. Le fond des reillères pour sortir les eaux de dessous les roues et les conduire à la rivière d'Alzet, sera établi à quatre mètres cinq centimètres au-dessous du niveau des eaux de la retenue, et réglé avec une pente d'un millimètre par mètre courant de longueur, et le lit de la rivière d'Alzet sera creusé sur trois cent trente-deux mètres de longueur, en suivant la même pente que le fond des reillères, pour se raccorder à l'extrémité de cette longueur avec son lit naturel.

6. Il sera établi un déversoir composé de trois venteaux d'un mètre de largeur et un mètre cinquante centimètres de hauteur : le seuil sera posé à un mètre cinquante centimètres en contre-bas du niveau des eaux de la retenue, pour pouvoir être mise à sec lorsqu'il sera nécessaire pour les réparations à faire à l'usine, ou pour enlever les attérissemens formés par les eaux dans la retenue.

7. Pour faire verser les eaux du ruisseau d'Audun-le-Tiche dans la retenue, il sera ouvert à ce ruisseau un nouveau lit de deux cents mètres de long sur trois mètres de large, et de cinquante centimètres de profondeur, dans l'emplacement désigné au plan.

8. Le mur de biez ou de tête d'eau, sera porté de six mètres en avant du bâtiment, pour procurer un chemin de communication sûr et en bon état aux habitans des communes de Russange et d'Audun-le-Tiche.

9. Il sera pratiqué un abreuvoir à l'usage desdites communes, dans l'angle entre la tête d'eau et la levée méridionale à construire pour fermer le biez et l'aqueduc qui servira à y conduire les eaux du ruisseau d'Audun par le nouveau canal à ouvrir, et il sera pratiqué une rampe pour descendre dans cet abreuvoir, dont le fond sera assez élevé pour qu'il n'y ait jamais que quatre-vingt-dix centimètres de hauteur d'eau, conformément au plan.

Les frais de cet abreuvoir, destiné aux bestiaux des habitans des communes de Russange et d'Audun-le-Tiche, la rampe, le mur de soutènement du côté de l'eau, le pavé de fond et le barrage d'enceinte seront supportés entièrement par ladite dame de la Vieuville.

10. Après la confection des travaux ci-dessus prescrits, en conformité du plan annexé au présent décret, il sera dressé, par l'ingénieur des ponts-et-chaussées, procès-verbal de réception desdits travaux, dont copie sera déposée aux archives de la préfecture.

11. Avant de commencer les constructions de la nouvelle platinerie, la dame de la Vieuville sera tenue d'en faire dresser, par triple expédition, les plans, coupe et élévation. Ces plans seront certifiés par l'ingénieur des mines, visés par le préfet, et ladite dame de la Vieuville sera tenue de s'y conformer.

12. Elle ne pourra, en aucun tems et sous aucun prétexte, transformer son usine sans une nouvelle autorisation, sous peine d'encourir la suppression, et de répondre des dommages que la contravention aurait pu entraîner.

13. Elle tiendra son usine en bon état, et se conformera aux lois, arrêtés, instructions et réglemens de police sur les usines et les cours d'eau, tant existant qu'à intervenir.

14. Elle ne pourra employer, pour l'alimentation de son usine en combustible, que de la houille ou autres minéraux, sans pouvoir faire usage du bois ou charbon de bois, sous quelque prétexte que ce soit.

15. Elle sera tenue d'indemniser, s'il y a lieu, de gré à gré ou à dire d'experts, les propriétaires des terrains sur lesquels seront déposées les terres provenant d'excavations, et elle entretiendra en bon état les levées et la digue de retenue de la platinerie.

16. Elle payera, à titre de taxe fixe, et pour une fois

seulement, es-mains du percepteur particulier de l'arrondissement, une somme de trois cents francs. Il en tiendra un compte séparé, pour être transmis à la caisse spéciale des mines, aux termes de l'article 39 de la loi du 21 août 1810.

Art. 17. Nos Ministres de l'Intérieur et des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au Bulletin des Lois.

*Décret portant que le sieur Grisard, propriétaire d'un laminoir sur la rivière de Vesdre (Ourte), est autorisé à établir un second laminoir sur sa propriété.*  
— Du 9 avril 1811.

NAPOLÉON, EMPEREUR DES FRANÇAIS, etc. etc. etc.

Art. 1. Le sieur Jean-Thomas Joseph Grisard, propriétaire d'un laminoir établi sur la rivière de Vesdre à la Rochelle, commune de Chaud-Fontaine, département de l'Ourte, est autorisé à établir en place du martinet qu'il a fait construire en l'an 15, un second laminoir sur sa propriété, dans l'emplacement désigné au plan joint au présent décret, et d'après les dimensions tracées audit plan.

2. Le sieur Grisard fera rehausser le seuil des vanes de prise d'eau de vingt-cinq centimètres, et le seuil d'amont du pertuis de navigation sera baissé de vingt-cinq centimètres, de manière à rétablir le niveau comme il devait être d'après l'arrêté du préfet de l'Ourte, du 14 floreal an 13.

3. Les hauteurs de la digue de barrage et des seuils actuels des vanes mouleresses resteront telles qu'elles sont, c'est-à-dire, que le dessus de la digue restera à 98 centimètres en contre haut des vanes mouleresses.

4. Les largeurs des vanes de prise d'eau, des vanes mouleresses et du pertuis de navigation resteront aussi les mêmes.

5. La vanne de décharge conservera sa destination primitive, et dans le cas où le sieur Grisard obtiendrait l'autorisation d'établir par la suite un atelier à mécaniques, sur la même prise d'eau, il supprimerait alors une roue de ses premiers établissemens, si elles se trouvaient au nombre de quatre, ce nombre étant suffisant pour cette prise d'eau, vu la dépense qu'elles occasionnent.

Décret qui autorise l'établissement d'un laminoir sur la propriété du sieur Grisard.

6. Le sieur Grisard tiendra son usine en bon état, et se conformera aux lois, arrêtés, instructions et réglemens de police, sur les usines et sur les cours d'eau, tant existant qu'à intervenir.

7. Il ne pourra, en aucun tems et sous aucun prétexte, transformer l'usine autorisée par le présent décret, sans une nouvelle autorisation, sous peine d'encourir la suppression, et de répondre des dommages que sa construction aurait pu occasionner.

8. Il ne pourra employer pour combustible que la houille ou autres minéraux, sans pouvoir faire usage de bois ou de charbon de bois, sous quelque prétexte que ce soit.

9. Il fera usage de la présente autorisation dans le délai d'une année, à partir du présent décret, qui, à défaut de ce, demeurera comme non avenu.

10. Il payera à titre de taxe fixe, et pour une fois seulement, la somme de cent cinquante francs, es mains du percepteur particulier de l'arrondissement, qui en tiendra un compte séparé, pour être transmis à la caisse spéciale des mines, aux termes de l'article 39 de la loi du 21 avril 1810.

11. Nos Ministres de l'Intérieur et des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, lequel sera inséré au Bulletin des Lois.

*Décret portant qu'il est accordé à M. Guislain de Merode Westerloo, la maintenue et la confirmation du droit d'exploiter toutes les mines de fer du territoire des communes de Trelon et d'Ohain (Nord). — Du 19 avril 1811.*

NAPOLÉON, EMPEREUR DES FRANÇAIS, etc. etc. etc.

Art. 1. Il est accordé, conformément à l'art. 53 de la loi du 21 avril 1810, à M. Guillaume-Charles-Guislain de Merode Westerloo, sénateur, la maintenue et confirmation du droit qui avait été accordé à Marie-Joséphine de Merode, sa mère, par arrêt du ci-devant Conseil d'Etat du 25 janvier 1785, pour exploiter toutes les mines de fer, sans exception de nature, qui pourraient se trouver sur le territoire des communes de Trelon et d'Ohain, situées dans l'arrondissement d'Avesnes, département du Nord, dans une étendue de superficie de seize kilomètres

carrés, limitée au plan annexé au présent décret, ainsi qu'il suit :

A partir du n<sup>o</sup>. 1<sup>er</sup>. point de rencontre du ruisseau de décharge du moulin dit *de la Carnaille*, avec le chemin de Trelon à Onor, tirant une ligne droite sur une borne n<sup>o</sup>. 2, placée sur la limite des communes de Glageau et de Trelon, près le chemin allant de Trelon au bois communal, et à cinq cent cinquante mètres au Sud de la rencontre de ce chemin avec l'ancien chemin de la Capelle à Chimai; de cette borne, suivant au Nord la limite susdite de Trelon et de Glageau, passant par les bornes n<sup>os</sup>. 3, 4, 5, 6, 7 et 8, jusqu'à la rencontre de la Chaussée, qui conduit de l'une à l'autre de ces communes, suivant cette chaussée au Levant, et ensuite le chemin de Trelon à Wallers, le plus au Nord, jusqu'à l'angle de rencontre de ce chemin avec celui d'Ohain à Wallers; de là, droit au Sud, sur le pont de Moranzieux, puis, suivant le ruisseau de Moranzieux au Midi, jusqu'à une borne n<sup>o</sup>. 9, placée près le ruisseau, à mille deux cents mètres au Sud de l'ancien chemin de la Capelle à Chimai, et sur l'extrémité de la prolongation d'une ligne tirée droite du moulin de la Carnaille sur la ferme de Hutullu, ou enfin, suivant cette ligne droite jusqu'au point de rencontre du chemin de Trelon avec le ruisseau de décharge du moulin de la Carnaille, point de départ.

2. Le concessionnaire continuera et entretiendra en bon état la galerie d'écoulement déjà établie, et sera tenu de suivre un plan régulier d'exploitation, et de se conformer aux lois et réglemens, ainsi qu'aux instructions qui lui seront données par la direction générale des mines, tant pour l'extraction du minerai que pour l'exploitation des usines construites et autorisées par le susdit arrêt du 25 janvier 1785, lesquelles usines il tiendra en bon état, et ne pourra transformer, sans une nouvelle autorisation, sous peine d'encourir la suppression, et de répondre des dommages que la contravention pourrait avoir occasionnés.

3. Le concessionnaire sera tenu d'adresser tous les trois mois, à la préfecture du département, des états de produit de l'extraction; ces états indiqueront la profondeur à laquelle l'extraction aura lieu.

4. Il adressera pareillement à la préfecture, tous les trois mois, à partir de la date des présentes, un plan général de ses travaux d'extraction, avec les coupes nécessaires, désignant l'état actuel de son exploitation, et sur une échelle prescrite par l'instruction de notre Ministre de l'Intérieur; il adressera aussi par la suite, tous les ans, dans le courant de janvier, les plans et la coupe des travaux d'exploitation exécutés pendant l'année sur la même échelle; ces plans seront vérifiés par l'ingénieur des mines.

5. Le concessionnaire ne pourra extraire le minerai dans la distance de deux cents mètres des habitations, clos, sources ou mares servant aux habitans de la commune d'Ohain, à moins de vingt-cinq mètres de profondeur.

6. Le concessionnaire laissera, tout au pourtour de l'exploitation, des épontes de quatre mètres d'épaisseur au moins, qu'il ne pourra percer que lorsqu'il sera reconnu nécessaire, pour faciliter l'épuisement des eaux.

7. Il sera tenu de payer annuellement à l'Etat, à compter de l'année 1811, une somme de cent soixante francs, à titre de redevance fixe, et à raison des seize kilomètres que contient la surface de la concession.

8. Il paiera en outre annuellement, et à partir de la même époque, la redevance proportionnelle avec les accessoires, suivant les bases et d'après le mode prescrit par la loi du 21 avril 1810.

9. Le concessionnaire sera tenu d'indemniser, de gré à gré ou à dire d'experts, les propriétaires de la surface des terrains, conformément à la loi.

10. Il est défendu à qui que ce soit, de troubler en aucune manière le concessionnaire dans ses travaux d'exploitation, sous les peines de droit.

11. Il n'est point dérogé par le présent décret aux droits qu'ont les possesseurs d'usines, d'exploiter le fer d'alluvion qui leur sera nécessaire, sur le terrain compris dans ladite concession, droit qu'ils pourront exercer, conformément aux dispositions de la loi du 21 avril 1810, relative aux minières.

12. Nos Ministres de l'Intérieur et des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au Bulletin des Lois.

---

# JOURNAL DES MINES.

---

N<sup>o</sup>. 173. MAI 1811.

---

## AVERTISSEMENT.

Toutes les personnes qui ont participé jusqu'à présent, ou qui voudraient participer par la suite, au *Journal des Mines*, soit par leur correspondance, soit par l'envoi de Mémoires et Ouvrages relatifs à la Minéralogie et aux diverses Sciences qui se rapportent à l'Art des Mines et qui tendent à son perfectionnement, sont invitées à faire parvenir leurs Lettres et Mémoires, sous le couvert de M. le Conseiller d'Etat Directeur-général des Mines, à M. Gillet-Laumont, Inspecteur-général des Mines. Cet Inspecteur est particulièrement chargé, avec M. Tremery, Ingénieur des Mines, du travail à présenter à M. le Directeur-général, sur le choix des Mémoires, soit scientifiques, soit administratifs, qui doivent entrer dans la composition du *Journal des Mines*; et sur tout ce qui concerne la publication de cet Ouvrage.

---

SUITE

## DE LA STATISTIQUE MINÉRALOGIQUE

DU DÉPARTEMENT DE LA DOIRE;

Par M. D'AUBUISSON, Ingénieur en chef au Corps impérial des Mines.

## SECONDE PARTIE.

### *Constitution minéralogique du département.*

Ce que nous avons à dire, dans cette seconde partie, ne doit être regardé que comme un *simple aperçu borné à des généralités sur la constitution minérale du département.*

Volume 29.

X

Une vraie description minéralogique dépasserait de beaucoup les bornes qui nous sont prescrites : deux volumes de Saussure sont presque entièrement consacrés à la portion des Alpes renfermées dans le département ; et encore cet illustre naturaliste n'en a-t-il parcouru qu'une partie.

Je rappellerai ici que les minéralogistes divisent en deux grandes classes toutes les masses ou couches minérales dont l'ensemble forme la partie solide du globe terrestre qui nous est connue. La première comprend celles dont la formation est antérieure à l'existence des êtres organisés ; elles forment les terrains primitifs. La seconde renferme celles qui sont postérieures à cette même existence ; elles constituent les *terrains secondaires*. Les débris de végétaux et d'animaux qu'on y trouve attestent la postériorité d'existence.

Quelques-uns de ces derniers terrains , qui ressemblent aux premiers par la nature et la disposition des matières qui les composent , sont désignés sous le nom de *terrains intermédiaires*.

Ceux qui sont formés par les débris des précédens , et dont les parties ne sont point liées entre elles , comme dans les couches de cailloux , graviers , sables et terres , portent le nom de *terrains de transport ou d'alluvion*. On a en outre ceux d'origine volcanique.

Chaque classe de terrain se divise en *formations* , et par cette dénomination , nous entendons les divers *systèmes de couches* bien distincts de ceux sur lesquels ils reposent , et de ceux qui les recouvrent.

Le sol de toute la partie montueuse du département appartient aux *terrains primitifs* ; et celui de la partie plane , ainsi que les collines qu'elle présente , est un *terrain de transport*.

### *Terrains primitifs.*

Idee générale de la composition.

Mes observations me portent à n'admettre dans les terrains primitifs qu'une seule formation , qu'on appellerait *formation de schiste micacé* , ou plutôt de *schiste talqueux* , en la désignant par le nom de la roche qui domine

dans sa composition. Ses diverses parties engrennent tellement les unes dans les autres , ses différentes couches alternent si diversement entre elles , qu'il n'en résulte qu'un seul et même tout , une seule et même formation ; et c'est peut-être la plus récente de celles que présentent les terrains primitifs.

La roche dominante est un schiste composé de *talc* , de *quartz* , et quelquefois de *feldspath* ; elle constitue la masse principale des montagnes du département. Lorsque le *feldspath* augmente dans sa composition , il en résulte les assises et masses de *gneiss* , et même de *granite* , qui se montrent dans plusieurs vallées. Entre les couches de schiste ordinaire , on en voit fréquemment qui sont de *talc* , de *chlorite* et de *serpentine* : ces dernières sont très-nombreuses , et d'une épaisseur souvent fort considérable. Les mêmes montagnes renferment encore des couches calcaires : elles abondent , surtout dans la partie occidentale du département , où elles sont tantôt intercalées entre les couches de schiste , tantôt mélangées avec elles. Dans cette même région , le schiste talqueux est ordinairement remplacé par du schiste micacé et du schiste argileux ; ce dernier est quelquefois noir et imprégné de carbonate ; il comprend même quelques veines d'*antracite*. On trouve encore quelques masses de *gypse* dans ce même terrain.

Plusieurs couches des roches dont nous avons parlé , principalement celles qui sont de nature chloritique et serpentineuse , renferment des grains , veines , et petites masses de fer *oxydulé* et de *pyrite* , soit *martiale* , soit *cuvreuse*. Ces substances métalliques y sont quelquefois en

assez grande quantité pour donner lieu à des exploitations. D'autres couches contiennent un peu de *plomb argentifère*. Enfin, à l'E. du département, on trouve quelques filons de quartz renfermant des pyrites aurifères.

Toutes les roches (le granite excepté) sont bien distinctement stratifiées; les couches en sont presque toujours minces et n'ont que quelques centimètres d'épaisseur; elles sont habituellement planes; leur direction est assez constante et de l'E. N. E. à l'O. S. O. Leur inclinaison varie davantage; mais en général, elle est de 50 à 70 degrés vers le S. S. E.

Je vais entrer dans quelques détails sur ces deux dernières circonstances de la stratification; et puis je m'arrêterai un instant sur chacune des espèces de roches que j'ai mentionnées.

Direction  
des cou-  
ches.

Au premier coup-d'œil sur les couches des Alpes du département, tout paraît bouleversé et dans le plus grand désordre; mais un examen attentif redresse bientôt cette première idée, et montre dans la direction de ces couches une régularité et une constance vraiment remarquables.

Toutes les montagnes du Petit-Saint-Bernard, de la Thuile, du Pré-saint-Didier, de Morgex, présentent la stratification la mieux prononcée et la plus régulière: partout les couches y sont dirigées de l'E. N. E. à l'O. S. O.: les variations y sont en petit nombre, de peu de durée, et elles ne s'élèvent qu'à quelques degrés. Elles sont un peu plus considérables dans les environs d'Aoste, dans les vallées du Saint-Bernard et d'Ollomont: la direction y est quelquefois du N. E. au S. O. Dans la vallée de Planaval, elle

est même du N. N. E. au S. S. O. Près de Châtillon, à la mine d'Ussel, elle va de l'E. à l'O. Mais ces anomalies ne doivent être regardées que comme des exceptions; et la règle générale n'en est pas moins ici, que *les couches sont dirigées de l'E. N. E. à l'O. S. O. parallèlement à la grande chaîne des Alpes.*

Dans l'examen de l'inclinaison des couches, nous avons à considérer et sa grandeur, et le point de l'horizon vers lequel elle a lieu. Inclinaison  
des cou-  
ches.

La grandeur de l'inclinaison, c'est-à-dire, l'angle que la couche fait avec l'horizon, varie considérablement. En général, il est de 50 à 70 degrés: très-fréquemment, il est au-dessus, et beaucoup plus souvent qu'on ne pense, il est au-dessous. Lorsqu'on marche sur la tranche des couches inclinées de 60 à 80 degrés, on est tenté de les regarder comme verticales, et le voyageur, qui s'en rapporte au simple témoignage de ses yeux, en juge souvent ainsi. J'ai fréquemment commis de pareilles erreurs; mais l'instrument avec lequel je prends les inclinaisons, pouvant me les donner à 2 ou 3 degrés près, m'a mis à même de les rectifier, et m'a montré, dans plusieurs endroits, des couches bien plus rapprochées de l'horizontale que je ne l'aurais d'abord cru. C'est surtout dans les mines, que j'ai pu faire des observations exactes à ce sujet; et je rapporte leurs résultats. Dans la mine de la Thuile, l'inclinaison de la couche métallifère est de 40°; dans celle d'Ollomont, un puits de près de 300, foncé sur une même couche, me garantit que l'inclinaison n'est que de 35°. A Planaval, on exploite une couche qui n'a pas 20°. Les couches de Saint-Marcel et de Fenis ne

font pas un angle de plus de 25° avec l'horizon : il en est de même de celle dont on retire le manganèse. Aux mines de fer de Cogné, et de Champ-de-Pra, elles sont presque horizontales. A Brosso et à Ussel, l'angle d'inclinaison va jusqu'à 60°, et c'est le plus considérable que j'ai vu dans les mines du département. — Les carrières de calcaire près d'Aoste, et celles de gypse près de Cogné, offrent encore des couches qui n'ont point d'inclinaison sensible.

Dans le lieu du département où la stratification m'a paru la plus remarquable par sa régularité, l'inclinaison de la montagne du Petit-Saint-Bernard, prise un grand nombre de fois, n'a été que de 40 à 50°. Je remarquerai qu'elle est encore très-petite sur un très-grand nombre de hautes sommités. Saussure l'a trouvée presque horizontale au Mont-Rose, et sur les montagnes qui l'entourent, au *Breit-horn* et dans le voisinage du Mont-Cervin : je l'ai vu telle sur la montagne où est le gypse primitif de Cogné, à 3060 m. d'élévation. ainsi qu'au passage de la Grande-Croix à 2600 mèt.

La direction générale des couches étant de l'E. N. E. à l'O. S. O., leur inclinaison ne peut être que vers le N. N. O. ou le S. S. E. ; le plus souvent elle est vers ce dernier point : c'est ainsi que je l'ai presque toujours vue sur le versant des Alpes-Pennines. Mais sur celui des montagnes de Cogné, vers la vallée d'Aoste, les couches penchent très-fréquemment vers le Nord ; je l'ai trouvé telle dans le val Grisanche, dans le val Savaranche, dans le haut de la vallée de Locana, et même dans la partie de la grande vallée d'Aoste, qui peut être regardée comme

appartenant aux montagnes de Cogné ; les environs de Bard en offrent un exemple.

Au reste, je n'ai pas recueilli un assez grand nombre d'observations pour conclure : qu'en général, sur le versant qui borde la vallée d'Aoste au Nord, les couches sont inclinées vers le Sud ; et que sur le versant méridional, elles le sont vers le Nord. Cependant ce fait serait très-important à constater, relativement aux conséquences géologiques qu'on peut en déduire. En effet, d'après les principes de M. Werner, sur la stratification, toutes les fois qu'une montagne ou une élévation du sol a été recouverte par une nouvelle formation minérale, celle-ci s'étant moulée sur le terrain qui existait déjà, ses couches doivent être parallèles, même dans leurs inflexions, à la superficie de cet ancien terrain : si celui-ci formait une prééminence (une montagne), les couches nouvelles seront parallèles à ses versans. Réciproquement, toutes les fois que dans une vallée les couches sont parallèles aux deux pentes qui la bordent, on peut en conclure que les chaînes de montagnes qui comprennent entre elles la vallée, existaient déjà lorsqu'elles ont été recouvertes par ces couches minérales, et que par conséquent la vallée n'est pas une simple excavation dans une masse déjà formée, c'est une *vallée primordiale*. Si mes observations ne m'autorisent pas à affirmer qu'il en est réellement ainsi de la grande vallée d'Aoste (depuis Saint-Didier jusqu'au Mont-Jovet), d'un autre côté elles ne déposent pas contre ce fait.

Quant aux autres vallées du département, le parallélisme des couches sur les deux berges, prouve incontestablement que ce ne sont que des coupures faites dans la masse du schiste après qu'il a été déposé ; ce sont des sillons creusés dans cette masse par l'action érosive des eaux, et surtout par l'action des élémens atmosphériques qui a décomposé et réduit en terre les matières minérales : l'action de la pesanteur, jointe aux effets de la décomposition, de la gelée, etc., en produisant de grands éboulemens, a en outre concouru à donner à ces vallées la forme qu'elles présentent aujourd'hui.

Passons aux diverses roches :

Le granite se trouve, dans le département, Granite.

en quantité moins considérable qu'on pourrait le présumer au centre des Hautes-Alpes, et encore, ce granite me paraît-il moins appartenir à la formation de cette roche, que faire partie de celle que nous avons appelée *formation de schiste talqueux*; il n'en est vraisemblablement qu'une anomalie accidentelle produite par la présence d'une grande quantité de feldspath sur quelques points du département.

J'ai remarqué trois de ces points. Le premier est le Mont-Blanc, et la partie de l'allée Blanche, entre les glaciers de Miage et de la Brenva. Le granite qu'on y trouve est bien grenu : le feldspath y est en gros grains d'un beau blanc, et il domine considérablement; le quartz est vitreux et grisâtre, et le mica est remplacé par une substance verte de nature stéatiteuse ou chloritique. C'est ainsi qu'est celui qui entoure la fonderie de plomb située dans l'allée Blanche. Au reste, le granite du Mont-Blanc s'étend peu dans le département, car le terrain qui entoure cette montagne est schisteux.

La roche qui borde la vallée de Cogne avant d'arriver à ce village, est un granite très-fendillé, montrant presque partout une tendance à la structure feuilletée. Le feldspath y abonde, et il contient un peu de titane.

Les montagnes de Locana, jusqu'à Cérésoles, sont également formées par un granite de même nature, et qui approche du gneiss.

Gneiss.

Cette dernière roche se trouve en un grand nombre d'endroits, mais nulle part je ne l'ai vue d'une étendue considérable et bien prononcée; tantôt c'est un granite veiné, tantôt c'est

un schiste micacé ou talqueux, dans lequel on voit accidentellement du feldspath.

Ce schiste forme, avons nous déjà dit, la masse principale des terrain primitifs. Dans un grand nombre d'endroits, il est très-bien caractérisé : il consiste principalement en quartz, dont les grains ou petites plaques sont séparées par des lames ou assemblage de paillettes d'un talc vert-grisâtre. Les feuilletés sont en général plats, et forment fréquemment de très-belles dalles d'un à deux pouces d'épaisseur, dont on se sert pour couvrir les maisons et entourer les champs.

Schiste talqueux.

Assez souvent le feldspath se mêle à ce schiste, et il y devient même quelquefois le principe dominant. C'est ainsi qu'en allant de Valpeline à Ollomont, on voit, au milieu des montagnes schisteuses, des roches dont la coupe présente un feldspath blanc à gros grains, mêlé d'un peu de quartz, et traversé par des veines de talc vert : ces veines ne sont même de distance en distance, que des files de paillettes séparées les unes des autres.

Ailleurs, c'est le quartz qui abonde, et cela, au point de former la presque totalité de la masse. Le talc n'y est que comme un léger enduit, ou une mince pellicule interposée entre les plaques quartzeuses et servant à les séparer les unes des autres. Lorsque la roche se brise, ou plutôt qu'elle se délite, cette pellicule recouvre les faces de ses fragmens, mais la décomposition finit par la détruire, et alors on ne voit plus que des blocs d'un quartz pur en apparence. Les environs du Grand-Saint-Bernard offrent un grand nombre de ces schistes très-

quartzeux ; quelques cimes même , telle est la masse isolée connue sous le nom de *Tour des fous*, ne sont que des rochers de quartz presque entièrement purs.

Enfin , le talc devient à son tour la substance principale qui constitue certaines roches , et semble exclure les autres principes ; de là , les couches de vrai *schiste talqueux* qu'on voit en un très-grand nombre d'endroits ; notamment au Mont-Jovet. Le talc y est pur , et le schiste qu'il forme a assez de consistance pour pouvoir être taillé : on met à profit cette dernière circonstance , ainsi que sa qualité réfractaire , pour en faire les parois des hauts fourneaux à fer qui sont dans le voisinage.

Le passage d'une de ces variétés de roche à l'autre , provenant de la différence dans la proportion des principes , est aussi brusque qu'il est fréquent. Dans des distances de quelques pas , on voit tantôt un schiste presque entièrement formé de feldspath , tantôt très-abondant en quartz , tantôt formé de talc presque pur : on en a un exemple au col du val Dobbia. Au reste , c'est moins dans la même couche que d'une couche à l'autre , que ces passages ont lieu , ce qui semble indiquer que chacune d'elles est bien un précipité particulier , et que c'est dans l'intervalle d'un précipité à l'autre que la variation dans les principes composans a eu lieu.

Serpentine.

Lorsque la précipitation qui a produit les couches dans lesquelles le talc domine a été confuse , que les élémens des divers minéraux n'ont pas pu se séparer ; il en est résulté une *serpentine* qui sera d'autant plus douce , que les élémens du talc seront en plus grande abondance.

Le minéral étant fort abondant dans la partie des Alpes que nous décrivons , il doit en être de même des couches de serpentine : aussi connais-je peu de montagnes qui n'en renferment quelqu'une , et elles y sont souvent d'une étendue et d'une épaisseur considérables. A Cogne , on en a une de plus de 50 mètres , et qui se retrouve à plus de mille mètres de distance. La montagne qui sépare la Vallaise du val Sesia , vers le *Passo d'Ollent* , présente un immense couronnement de serpentine qui s'étend à plus de deux lieues , et qui a , en plusieurs endroits , 2 ou 300 mètres. Dans la vallée de Challant , au-dessous du village de Brusson , le sol et tous les rochers environnans sont de serpentine. Le val Törnanche en présente également de tous côtés ; le *Breit-horn* , et une partie de la grande aiguille du Mont-Cervin en sont composés. La grande vallée d'Aoste , depuis Verrex jusqu'à Nus , est toute jonchée de blocs de serpentine et de stéatite.

Cette dernière substance me paraît être du talc pur à l'état compacte : elle aura été produite lorsque le précipité talqueux , qui forme la serpentine , n'aura renfermé que les élémens du talc : elle est aussi souvent accompagnée de ce dernier minéral à l'état métallique , et l'œil y suit le passage de l'un à l'autre. Les nombreux échantillons qui sont sur les halles (tas de décombres) , de la mine de Traverselle , offrent de fréquens exemples de ce fait. Cette stéatite est d'un fond vert ; sa cassure est semblable à celle de la cire , elle présente de grosses écailles jaunâtres : les bords en sont très-translucides.

Stéatite.

Quelquefois les paillettes du talc lamelleux sont tellement enlacées, soit entre elles, soit avec la partie compacte, que la roche qui en résulte, quoique très-tendre, a assez de consistance pour pouvoir être travaillée au tour : elle devient ainsi une vraie pierre calcaire, dont on fait tantôt des marmites, tantôt de grands poêles. Presque tous ceux en usage dans le pays d'Aoste sont faits avec cette pierre, et viennent du val Tornanche.

Chlorite.

Le talc, ainsi que l'on sait, se charge souvent de fer (protoxydé), et passe ainsi à la chlorite. De là, les couches de schiste chlorite qu'on voit dans plusieurs endroits du département. Elles contiennent quelquefois des grenats gros comme des pois, et en assez grande quantité pour qu'on puisse les employer comme pierres meulières. Les meules de tous les moulins de la haute vallée d'Aoste sont faits avec les chlorites granatifères de Saint-Marcel et de Fenis.

Diabase.

Les diabases, ou roches composées de l'hornblende et de feldspath sont rares dans le département. Je n'en ai même vu nulle part de bien caractérisées, et d'une assez grande étendue pour pouvoir être mises parmi les masses qui constituent la charpente des Alpes que nous décrivons. Au-dessus de Challant, on trouve bien des roches composées principalement de feldspath et de hornblende ; mais l'aspect du terrain environnant me porte à ne les regarder que comme un granite ou gneiss, dans lequel la hornblende a pris momentanément la place du mica. J'en dirai à peu près autant d'une roche qui se trouve dans la vallée de Biona, et qui

est composée de petits grains de feldspath blanc, et d'hornblende noire et soyeuse : cette dernière substance forme des feuilletés séparés, dans le sens desquels se délite la pierre. Si quelque terrain pouvait être regardé comme formé par les diabases, ce serait celui qui est à l'entour d'Ivrée, où l'on voit plusieurs monticules presque entièrement composés de feldspath et d'hornblende lamelleuse.

On trouve assez souvent des roches vertes, que l'on serait tenté de prendre pour des diabases compactes ; mais un examen attentif m'a fait voir que ce n'était que des gneiss en très-petits grains, chargés de talc verdâtre, et dont le tissu était très-serré, ainsi qu'on le voit à *Roche-Taillé*, au-dessus de Livrogne. Ailleurs, cette même roche verte n'est guère que le schiste talqueux ordinaire, dont les élémens sont presque fondus les uns dans les autres, mais dans lesquels les principes du feldspath ou du quartz dominant, quoique colorés par ceux du talc.

Cette dernière roche approche quelquefois de l'eurite (1) ; mais je n'ai nulle part trouvé, dans le département, cette dernière substance dans toute sa pureté ; nulle part, je n'y ai vu de ces porphyres à base euritique, qu'ailleurs on rencontre si fréquemment dans les terrains granitiques.

Porphyres.

Le talc qui est dans nos schistes se rapproche

Schistes micacés.

(1) L'eurite est la roche que Dolomieu désignait sous le nom de *pétrosilex*. Elle n'est en quelque sorte qu'un granite compacte ; c'est une roche réellement composée, mais homogène à nos yeux, et dans laquelle les principes du feldspath dominant notablement. (Voyez le *Journal des Mines*, tom. 29, pag. 309.)

quelquefois du mica, et l'on a alors de vrais *schistes micacés* : j'en ai vu de tels au Mont-Grégovie et ailleurs. Le mica y est assez souvent en grandes paillettes d'un blanc argentin.

Schiste argileux.

Lorsque ces roches sont dans un état de cristallisation confuse, que leurs élémens peuvent être à peine discernés, elles peuvent former des *schistes argileux*, et l'on en voit une grande quantité dans la partie occidentale du département. Les montagnes qui bordent les vallées de l'allée Blanche et du Petit-Saint-Bernard, sont principalement composées de couches de schiste ardoise, quelquefois pures, mais plus souvent mélangées de calcaire et de schiste micacé, etc.

Ces schistes présentent un fait très-remarquable ; ils sont quelquefois très-noirs, et chargés de carbone, lequel s'est même trouvé en assez grande quantité dans des endroits, pour donner lieu à des couches d'anthracite. Les schistes carboneux paraissent en général superposés aux autres roches ; cependant on les voit en plusieurs lieux engrener avec elles, et faire ainsi partie du même système. Par exemple, auprès du Grand Saint-Bernard, j'ai vu de ces schistes s'enfoncer sous le grand rocher quartzeux, dit la *Tour des fous*, dont j'ai déjà parlé. Plus loin, vers l'Ouest, on voit une longue crête en forme de dos-d'âne, très-aiguë, et qui se dirige du Nord au Sud : elle est formée de couches très-distinctes, presque verticales, et à peu près perpendiculaires à sa direction ; quelques-unes d'entre elles se distinguent de loin par leur couleur noire, et contiennent même de l'anthracite. Ce terrain schisteux se lie insensiblement avec celui de la Ta-

rentaise dont M. Brochant a donné une description, et qu'il a placé parmi les terrains de *formation intermédiaire*. Nous reviendrons plus bas sur cet objet.

Toutes les Alpes du département renferment des couches calcaires intercalées dans les schistes qui les composent, et le plus souvent même mélangées avec ces schistes ; c'est surtout dans la partie Nord-Ouest qu'elles abondent. Au couchant d'Aoste, vers Aimaville, on en voit plusieurs qui sont exploitées, et dont on retire même quelques marbres : elles y sont d'un grain très-fin, approchant du compacte, d'un blanc grisâtre, traversées de larges veines bleuâtres. Vers Lassalle, elles sont en plus grand nombre, et se trouvent tantôt pures, tantôt mêlées avec le schiste micacé. Plus avant, vers l'Ouest, elles augmentent encore : les montagnes de l'allée Blanche et du Petit-Saint-Bernard en sont principalement composées : le calcaire y est mêlé avec du mica, qui lui donne une texture feuilletée, et le fait d'abord prendre pour un schiste ; il y est ordinairement d'un gris jaunâtre sale et à très-petits grains ; d'autres fois, il est mélangé avec le schiste noir carboneux dont nous avons parlé. Les montagnes du Mont-Cervin en renferment plusieurs assises dans leur composition ; mais dans la partie orientale du département, il est en moindre quantité, et aux environs d'Ivrée il est assez rare.

Calcaires.

Près de Pont, dans le val Soana, les rois de Sardaigne ont fait ouvrir quelques carrières de marbre : la plus considérable donne un marbre salin, à grains assez fins ; il est blanc et gris, entremêlé de paillettes de talc vert : plusieurs

blocs forment un beau marbre statuaire, et l'on voit à Turin des ouvrages d'architectures et de sculpture qui en proviennent. La couche peut avoir de 5 à 6 mètres de puissance, et est exploitée sur une longueur d'environ 200 : elle gît dans un schiste talqueux.

Gypse.

La partie occidentale du département renferme encore du gypse : on en trouve des masses sur les flancs des vallées de la Thuile et de Morgex ; il y est blanc, compacte, mais d'un tissu peu serré. N'ayant pas été à même de constater les circonstances de son gisement, je ne puis rien dire sur son âge relatif, ni même sur la classe de terrain à laquelle il appartient. Je n'en dirai pas de même de celui que j'ai observé sur le sommet d'une montagne près de Cogne, à 3060 mètres de hauteur ; il y forme une couche d'un mètre d'épaisseur intercalée, de la manière la plus évidente, entre des couches presque horizontale de schiste micacé ou talqueux mêlé de calcaire : comme toutes les roches de cette formation, il renferme du talc, soit en petites aiguilles, soit en paillettes, soit en petites masses formées d'un assemblage de petits feuillets roulés les uns sur les autres. Voy. une plus ample description de ce gypse dans le n°. 128 du *Journal des Mines*.

Métaux  
dans les  
couches.

Les diverses couches minérales dont nous avons parlé renferment fréquemment des substances métalliques, qui y sont quelquefois en assez grande quantité pour donner lieu à des exploitations. Nous traiterons dans la troisième partie de ce qui est relatif à ces exploitations, et aux minerais qui en sont l'objet. Nous allons ici nous borner à un simple aperçu minéralogique

logique des principales couches métallifères du département (1).

Nous avons déjà vu que les couches de talc soit à l'état lamelleux, soit à l'état compacte (stéatite et serpentinite), se chargeaient souvent de fer protoxydé. Ce dernier principe, en devenant plus abondant, forme, dans ces mêmes couches, des grains, rognons et veines, et même des amas de fer oxydulé. Je cite les plus remarquables d'entre eux.

Fer.

Le plus considérable est celui dans lequel sont les nombreuses exploitations de Traverselle. Il peut avoir 500 mètr. de longueur et 300 ou 400 tant en largeur qu'en profondeur : c'est un mélange de fer oxydulé, de calcaire, de talc et stéatite : ces diverses substances sont fréquemment disposées par couches dans l'étendue du bloc ; elles y sont même quelquefois mêlées avec une sorte de granite qui entoure le tout.

La mine de Cogne est également dans un massif de fer oxydulé, mêlé, en quelques endroits, d'un peu de stéatite ; mais, dans d'autres, il est entièrement pur et compacte. Ce massif me paraît être une couche épaisse et courte (*liegendes Stock*, dans la nomenclature de Werner) ; il a une trentaine de mètres de puissance dans le lieu où on l'exploite, il présente l'image d'une carrière de fer. Il se trouve dans une grande couche de serpentinite,

(1) On trouvera en outre, dans le n°. 50 de ce Journal, un Mémoire de M. Robillant, sur la Minéralogie du Piémont, qui renferme une énumération à peu près complète, de tous les lieux du département dans lesquels on a trouvé des matières métalliques ; on y verra quelques particularités sur le gisement et la richesse de ces matières.

intercalée au milieu d'une montagne de schiste micacé calcarifère.

A Planaval, dans une pareille montagne, on voit une couche d'un beau calcaire blanc très-étendue, ayant une dizaine de mètres d'épaisseur, et dans laquelle on rencontre des veines de fer oxydulé, mélangé de chlorite et ayant 1 à 2 mètr. de puissance.

Auprès de Châtillon, attendant le château d'Ussel, on a exploité une grande couche bien réglée de 3 à 4 mètr. d'épaisseur, et dans laquelle on trouvait fréquemment des filets de fer oxydulé, ayant plusieurs mètres de long et quelques décimètres de puissance. Encore ici ce minerai est accompagné de schiste chloriteux, et est dans du schiste talqueux.

Les petites exploitations de Champ-de-Pras et de Poutey, ont lieu sur de petits filets compris dans un pareil schiste.

Celles de Brosso ont pour objet des couches de fer oxydé (vulgairement *fer micacé*) qui se trouvent dans une montagne de schiste micacé; elles n'ont que quelques décimètres d'épaisseur, mais leur allure est bien réglée.

Dans la même montagne, et à peu de distance, on a une grande couche, qui en quelques points, et sur une épaisseur de 3 à 4 mètr. n'est que de la pyrite martiale pure: on l'exploite pour en retirer du sulfate de fer.

Cette même couche contient encore par fois de la galène argentifère: on en a autrefois retiré une quantité considérable.

Cuivre.

Les couches de schiste talqueux, et principalement celles qui se rapprochent de la chlorite, contiennent souvent beaucoup de grains et

veinules de pyrite cuivreuse. C'est dans de pareilles couches que sont les exploitations de cuivre à Ollomont, Saint-Marcel et Fenis, les seules qui soient aujourd'hui en activité. La pyrite cuivreuse est accompagnée de beaucoup de pyrite martiale, et dans les deux derniers endroits que nous venons de nommer, elle se trouve en outre avec beaucoup de grenats.

Dans plusieurs parties du département, notamment dans les vallées de Challant et de Champorcher, on a un grand nombre de petits filons de quartz, qui contiennent des pyrites aurifères, de la galène aurifère et argentifère, et même de l'or natif. Plusieurs d'entre eux ont été exploités à diverses reprises, mais sans succès. En 1740, on trouva, dans la vallée de Challant, un morceau d'or natif qui pesait quelques marcs; il était accompagné de plusieurs autres dont le poids s'éleva à 40 marcs (près de 10 kilog.); le titre en était de 22 karats. Cette découverte fit entreprendre diverses recherches, et quelques travaux sur les montagnes voisines; on y trouva bien quelques filons aurifères, dont les échantillons offraient même des morceaux d'or natif pesant quelques onces; mais ce produit étant bien au-dessous des dépenses qu'exigeait l'extraction, on se désista de toute poursuite. Voyez à ce sujet le n°. 50 de ce Journal, pag. 104 et suiv.

Les minerais d'argent, et surtout ceux de plomb argentifère, sont assez communs dans le département; on en a reconnu sur une douzaine de points différens: mais ils sont sans suite et loin de pouvoir suffire aux frais de

Or.

Plomb et argent.

l'exploitation. La mine de la Thuile et celle de l'allée Blanche sont les seules aujourd'hui en activité. La première est sur une couche de schiste micacé passant au schiste argileux, qui est imprégnée de plomb sulfuré, zinc sulfuré, antimoine, etc. Le quintal de minerai lavé rend environ 50 liv. de plomb et 1 à 2 onces d'argent. La mine de l'allée Blanche est plus riche: on a par quintal de 60 à 70 liv. de plomb, et 2 à 3 onces d'argent; au reste, on n'en a livré encore aucun produit au commerce. Le minerai y est mêlé avec beaucoup de zinc sulfuré, et se trouve dans du quartz et de la baryte sulfatée.

Près de Courmayeur, les Romains ont exploité une mine considérable de plomb argentifère; elle est sur une montagne dite du *Labryrinthe*, à cause des nombreuses excavations souterraines qu'elle renferme. Ces excavations sont très-bien disposées, et paraissent avoir été produites à l'aide du feu. (*Journal des Mines* n°. 50, pag. 112).

Enfin parmi les couches métallifères, nous citerons celle qui est dans la vallée de Saint-Marcel, et dont on retire du manganèse oxydé. Elle est de quartz, a de 6 à 10 mètres de puissance, et renferme du manganèse, tantôt mélangé avec sa substance et tantôt pur; ce minerai est accompagné d'épidote ou d'hornblende manganésifère. La couche est dans un schiste micacé.

Toutes les substances métalliques dont nous venons de parler sont *en couches*; et je ne crois pas en avoir vu, dans le département, *en vrais filons*. Il serait cependant possible que la

mine de plomb de l'allée Blanche fût sur un de ces derniers gîtes, et qu'il en fût de même des filets de quartz dans lesquels on trouve les pyrites aurifères.

Nous avons remarqué que les schistes argileux qui forment la partie occidentale du département, étaient quelquefois imprégnés de carbone, et que cette dernière substance s'y trouvait même en assez grande quantité pour constituer seule quelques masses ou petites couches. J'en ai observé une près du village de la Thuile: elle peut avoir 2 à 3 mètr. d'épaisseur et quelques décimètres en longueur. C'est une anthracite, ou houille sèche, qui brûle difficilement; elle n'est employée qu'à cuire de la chaux. Dans la même contrée, il y en a, m'a-t-on dit, une seconde. Les religieux du Saint-Bernard m'ont en outre assuré, que dans les schistes noirs qui sont à une lieue à l'Ouest de l'hospice, ils étaient allés autrefois chercher une substance qu'on leur avait annoncé être du charbon de terre; mais qu'elle n'avait point brûlé: ce n'était vraisemblablement qu'un schiste chargé de carbone.

La présence de ces anthracites dans la partie des Alpes dont nous parlons, me paraît un fait très-remarquable en Géognosie; elle montre que la *formation de houille*, ou plutôt la *suite des formations de houille* s'étend jusque dans des terrains fort anciens. Déjà M. Voigt avait observé qu'il serait peut-être convenable de la placer dans les *terrains intermédiaires* (*Journ. des Mines*, tom. 28, p. 20 et suiv.)

M. Brochant rapporte (*Journal des Mines*, tom. 23, pag. 358) qu'on a trouvé des empreintes

Combustibles fossiles.

Terrains intermédiaires.

de végétaux sur les schistes qui accompagnent les anthracites du Petit-Saint-Bernard. Si ces couches à empreintes ne sont pas simplement superposées, mais qu'elles fassent réellement partie du système de roches qui forment les Alpes Graies, il faudra bien placer ce système dans les *terrains intermédiaires*, ainsi que le pense l'auteur que nous venons de citer; et cette portion des Alpes sera donc réellement de *formation secondaire*, ce qu'on était bien loin de présumer.

S'il en est réellement ainsi, je verrai ici une nouvelle preuve d'une assertion que j'ai avancée ailleurs; *le passage insensible des terrains primitifs aux terrains secondaires*; d'où l'on peut inférer qu'ils ont le même mode de formation. Je le répète, les schistes moins carboneux des Alpes Graies, se lient et s'enlacent avec les schistes talqueux des Alpes Pennines; les environs du Grand-Saint-Bernard m'ont offert un exemple de ce fait. D'autres pays peuvent en présenter de pareils: le schiste argileux de Bretagne, dans lequel se trouvent les mines de Poullaouën, et qui fait, pour ainsi dire, corps avec les schistes micacés et les granites de cette contrée, paraît bien également tenir au schiste-ardoise à impression de plantes qui est près d'Angers. Je ne connais, en géognosie, aucun fait plus intéressant à constater, que la manière d'être des deux classes de terrains dans leur jonction; et je ne connais par conséquent point de pays plus intéressant à étudier sous ce rapport, que ceux que je viens de citer.

Eaux minérales.

On a, dans le département de la Doire, quatre sources d'eaux minérales.

La plus importante est celle du Pré Saint-Didier; elle est chaude, et fait monter le thermomètre à 33° degrés (centigrades); elle est légèrement ferrugineuse et laisse un dépôt jaunâtre. Elle sort d'un rocher formé de calcaire

et de schiste micacé, et est conduite dans un établissement de bains situé au voisinage, et qui attire une centaine d'étrangers dans le pays, durant les mois de juillet et d'août.

A une lieue au Nord, près de Courmayeur, on a une autre source d'eau chargée de gaz acide carbonique; elle sert aux personnes qui fréquentent les bains de Saint-Didier, ou qui vont séjourner à Courmayeur pour les bains. On en exporte dans des cruches de grès, soit en Piémont, soit dans le Vallais.

A peu de distance, vers le Nord, au milieu d'une prairie, il y a une source d'eau imprégnée d'hydrogène sulfuré, et dont quelques personnes font usage. Elle porte le nom de *source de la Saxe*.

La quatrième fontaine minérale est à Saint-Vincent, elle donne de l'eau acidulée.

L'analyse de ces eaux a été autrefois faite par M. Gianetti de Turin; mais alors la chimie n'avait pas donné les moyens d'effectuer de pareils travaux avec la précision dont ils sont aujourd'hui susceptibles.

#### *Terrains de transport.*

Les terrains de transport proprement dits forment le sol de toute la partie méridionale du département; ils commencent au pied des montagnes et s'étendent sans interruption jusqu'au Pô. La ligne de démarcation qui les sépare du terrain primitif, commence à Valperga, passe à Courgné, Baldisero, Parella, Samoné, Chiverano, et se termine à Andraté. Tout le

sol, au midi de cette ligne, n'est qu'une couche formée par les *detritus* des Alpes voisines. Son épaisseur au pied des montagnes est, en quelques points, de plus de 500 mètr. elle diminue à mesure qu'on avance vers le Pô.

Elle est, dans la partie septentrionale, sillonnée et morcelée par les torrens qui la traversent. C'est ainsi que la Doire, en débouchant du pays d'Aoste, y a creusé une vallée, qui, aux environs d'Ivrée, a plus d'une lieue de large et de 400 mètr. de profondeur. En sillonnant cette couche de terrain de transport, jusqu'au roc vif sur lequel elle repose, la rivière a mis à même de juger de son épaisseur et de sa structure : elle est formée 1°. de blocs de schiste micacé ou talqueux, de serpentine, de granite etc., de figure très-irrégulière et souvent fort éloignée de la figure sphérique. Plusieurs d'entre eux présentent un volume de 30, 40; et même, quoique très-rarement, de 100 mètr. cubes; 2°. de blocs plus petits, ou pierres dont les angles sont en général d'autant plus arrondies que leur grosseur est moins considérable; 3°. de beaucoup de terre provenant évidemment de la décomposition des pierres. De distance en distance, on voit ces diverses matières disposées comme en assises à peu près horizontales. A mesure qu'on s'éloigne des montagnes, la grosseur des blocs de rocher et des pierres m'a paru aller en diminuant; au point que dans l'arrondissement de Chivas, il est très-rare d'en rencontrer qui aient un mètr. cube.

Le morcellement de cette couche de transport, par l'effet des eaux courantes, a produit

les petits coteaux de Montalengue, de Mazino, etc. Ceux même qui bordent la Doire, vers Ivree, ne me paraissent pas avoir une autre origine. Lorsque j'observe le coteau qui longe la vallée vers l'Est, et qui est connu sous le nom de la *Serva*; que je vois combien sa crête est unie en ligne droite, que je retrouve le même phénomène sur celui qui forme l'autre berge de la vallée, et qui lui est parallèle, et que je ne trouve dans ces deux coteaux que des pierres et des terres sans aucune liaison, il m'est bien difficile de ne pas croire que la couche de transport allait autrefois sans interruption de l'une à l'autre; que la Doire a emporté la partie qui manque entre eux: en un mot, je crois que les deux rideaux qui bordent la vallée ne sont que les flancs d'un grand fossé creusé par la rivière.

Je sais bien que quelques naturalistes célèbres (Saussure, §. 977) ont pensé que ces rideaux n'étaient qu'un tas de pierres, qu'un grand courant d'eau avait apporté des Alpes et rejeté sur ses bords. Mais outre que je ne conçois point d'où aurait pu venir cet énorme courant, et ce qui aurait pu l'alimenter *pendant quelque tems*; je ne vois pas comment il aurait apporté et déposé, à 400 mètr. au-dessus de son lit, des masses de roches qui ont jusqu'à 100 mètr. cubes.

L'on demandera peut-être quelle est l'origine de ce terrain de transport, et comment il a pu être amené là où on le trouve? Je ne saurais répondre à cette question, et je me bornerai à observer, qu'il est évidemment composé des débris des Alpes voisines; ce sont partout les mêmes roches et les mêmes pierres; la forme et la grosseur des masses qui sont dans la partie septentrionale du terrain de transport, indiquent qu'elles ne sont pas loin du lieu de leur origine; que c'est moins le frottement que l'action décomposante des élémens atmosphériques qui a arrondi les angles, diminué le volume, et produit la terre dont il est entremêlé; que la

forme plane de sa superficie, dans le grand espace de terrain que longe le Pô, ainsi que la disposition horizontale des assises qui le composent, semble indiquer qu'il a été déposé, et en quelque sorte nivelé, dans le sein d'une eau tranquille.

Lorsque ce terrain, composé de pierres et de terres, s'est trouvé exposé à l'action des eaux pluviales, ces eaux l'auront en quelque sorte lavé, elles auront entraîné les terres et laissé à nu les pierres qui étaient interposées : de là les grandes plages de cailloux qu'on trouve en plusieurs endroits. Si le terrain, avant d'être ainsi lavé, était morcelé et hérissé de petits tertres, il présenterait un grand nombre de tas de pierres plus ou moins considérables. Telle me paraît être l'origine de ceux que j'ai vus sur quelques points, et que l'on regardait comme l'ouvrage des hommes.

Dans presque toute la partie basse du département, le terrain tel que nous venons de le décrire, est recouvert d'une couche de terre végétale, dont l'épaisseur est peu considérable; elle s'élève rarement à un mètre, dans les lieux où j'ai été à même de l'observer. C'est cette couche qui constitue le sol des plaines si fertiles du Piémont et de la Lombardie.

Le terrain de transport du département renferme en plusieurs endroits des paillettes d'or que les pluies, les débordemens des torrens mettent à nu, et qui sont recueillies par des orpailleurs. On en trouve principalement dans les lieux traversés par la Doire et l'Orco; le nom même de ce dernier torrent, qu'on appelle aussi *aqua d'Oro*, vient de l'or qu'on en retire. Au reste, la cueillette de ce métal est aujourd'hui presque entièrement abandonnée.

Les torrens n'amènent point les paillettes des hautes montagnes d'où ils descendent; presque jamais ils n'en charrient tant qu'ils sont dans ces montagnes : ainsi l'Orco n'en donne point

Paillettes  
d'or.

an-dessus de Pont; et la Doire, ou plutôt l'Évançon, n'en fournit point au-dessus de Challant Saint-Anselme. L'arrivée de l'or dans les plaines, y est aussi ancienne que celle des terrains de transport au milieu desquelles il est renfermé. Dans les orages, les débordemens, les eaux l'y prennent, l'entraînent dans le lit des torrens; et comme il est beaucoup plus pesant que les terres et pierres, qui étaient avec lui, il y reste, tandis que les autres matières sont emportées plus loin. Ces faits ont été complètement démontrés par M. Giulio, et plusieurs autres savans de Turin (1). Au reste, cet or n'en vient pas moins des Alpes voisines; il provient vraisemblablement de la destruction des filets aurifères dont nous avons parlé, tout comme les terrains de transport viennent de celle des roches qui comprennent ces filets.

Le département de la Doire présente encore une espèce de terrain de transport bien différente de celles dont nous venons de parler; c'est le tuf calcaire. On le trouve assez fréquemment sur le flanc des montagnes qui renferment beaucoup de pierre calcaire, et il y est souvent à des hauteurs considérables. Au-dessus de la mine de Cogne, on en voit vers la cime d'une montagne, à près de 3000 mètres d'élévation : il y est en blocs qui ont plusieurs mètres cubés, et qui sont rangés en ligne droite, à peu près comme seraient les affleuremens d'une couche. Au passage qui est à l'extrémité de la vallée de Locana, et qu'on désigne sous le nom de *Grand-Croix*, j'en ai encore remarqué qui

Tuf cal-  
caire.

(1) *Journal des Mines*, tome 20.

semblait intercalé dans le schiste qui constitue le sol de cette contrée, quoique, bien certainement, il ne fût que superposé. A la descente du Petit-Saint-Bernard, on en rencontre des masses très-considérables, qui sont les vestiges de masses encore plus étendues. Sur cette montagne, on est témoin de leur formation; on traverse un torrent connu sous le nom d'*eaux rouges*, qui en dépose continuellement: il est chargé d'un peu d'ocre rouge; delà le nom qu'on a donné aux eaux qui, après l'avoir déposé, y passent dessus et semblent prendre une teinte de sa couleur.

*Nous donnerons la troisième partie dans un autre Numéro.*

---



---

## DISSERTATIO

*De Indagando formarum crystallinarum  
Caractere geometrico principali.*

O U

MÉMOIRE sur la Détermination du Caractère géométrique principal des formes cristallines;

Par CHR. SAM. WEISS. in-4°. Leipsic 1809.

Traduit par M. BROCHANT DE VILLIERS, Ingénieur en chef au Corps impérial des Mines.

L'AUTEUR de ce Mémoire est avantageusement connu des minéralogistes et des cristallographes français et étrangers. Il est aujourd'hui professeur de minéralogie à Berlin, où il a remplacé M. Karsten. Il avait été précédemment nommé, en 1809, pour remplir la chaire de physique à Leipsic; il fut obligé, suivant l'usage, de soutenir une thèse publique à l'Université lors de sa réception. Le Mémoire dont il est ici question n'est autre chose que cette thèse.

Ce Mémoire, avec le supplément que l'auteur y a ajouté, étant fort long, il nous serait difficile de le publier ici en entier; nous nous bornerons donc à ce qui nous paraît susceptible d'intéresser davantage ceux de nos lecteurs qui s'occupent de cristallographie.

M. Weiss divise son Mémoire en deux parties: la partie *géométrique* et la partie *physique*.

Il n'a vu dans les formes cristallines que *le résultat nécessaire des forces génératrices qui ont déterminé la formation des cristaux*, ou du moins il a présumé d'abord

que cela devait être ainsi ; et il déclare que depuis il s'est entièrement convaincu de cette vérité. Il se propose d'exposer les preuves avec beaucoup de détails dans un autre Mémoire.

En partant de ce principe, l'auteur a cherché à déterminer chaque forme cristalline ou plutôt chaque forme primitive de la manière la plus simple possible. Cette détermination d'une forme cristalline est ce qu'il appelle son *caractère géométrique principal*, et il obtient ce caractère par la mesure ou le rapport de certaines parties de la forme qu'il appelle ses *éléments*.

Ainsi, par exemple, lorsque M. Haüy a déterminé la forme primitive de la chaux carbonatée par le rapport entre les deux diagonales d'une face quelconque du rhomboïde qu'elle constitue, ce rapport fondamental est, suivant l'expression de M. Weiss, le *caractère géométrique principal* de la chaux carbonatée ; et les deux diagonales sont les *éléments* de la forme cristalline de la même substance.

M. Weiss a suivi cette idée sur toutes les formes cristallines des minéraux, et il a déjà publié le plus grand nombre de ses résultats dans le Mémoire dont il est ici question et son supplément. Il pense que *tous les cristaux ont un axe*, et que l'axe étant dans toute forme géométrique une ligne unique, principale et dominante, le *caractère géométrique d'un cristal doit être fondé sur des éléments ayant un rapport direct avec l'axe*.

Ainsi, pour suivre l'exemple de la chaux carbonatée, ce n'est pas sur les rapports entre les diagonales du rhombe qu'il a établi son *caractère géométrique principal*, mais sur le *rapport entre le sinus et le cosinus de l'inclinaison d'une face à l'axe*.

Il applique le même principe à tous les cristaux, et il détermine leur *caractère géométrique* toujours par le moyen de l'angle, ou des angles que l'axe forme avec les faces adjacentes.

On sent bien qu'il lui a fallu pour cela changer certaines formes qui n'ont point d'axe en d'autres qui ont un axe, telles que les prismes à six faces en rhomboïdes, les prismes à quatre faces en octaèdres, etc. Mais toutes ces *transmutations* sont motivées sur des considérations ingénieuses,

et souvent il en résulte des rapprochemens très-intéressans.

Ces *rapports entre les sinus et cosinus des inclinaisons à l'axe*, sont donc la base de tout le travail de M. Weiss ; mais il n'a choisi ces lignes pour établir son *caractère géométrique principal*, que parce qu'il les regarde comme étant les *directions principales des forces génératrices des cristaux*. C'est ici le point fondamental de sa *théorie physique des cristaux*, théorie dont l'auteur s'est contenté de donner une idée succincte, se réservant, comme nous l'avons déjà dit, de la développer davantage par la suite.

L'auteur ne se dissimule pas que l'établissement de cette théorie nécessite la solution de plusieurs problèmes très-difficiles.

Il faudrait, dit-il, déterminer nos caractères géométriques d'une manière plus rigoureuse, car il en est beaucoup sur lesquels nous ne pouvons encore compter. . . . Il désirerait que l'on pût unir par un même lien toute la série des formes, de manière à pouvoir passer facilement des plus simples aux plus composées, et établir un *système général des formes cristallines* ; . . . il voudrait déterminer les lois qui rapprochent différentes cristallisations ou les limites qui les séparent, . . . les rapports qui peuvent exister entre la cristallisation d'un corps et sa nature chimique, . . . et ceux que peuvent avoir entre elles les formes cristallines des substances qui ont quelque analogie dans leurs parties constituantes, etc. . . .

Nous ne suivrons point M. Weiss dans toutes les considérations qu'il met en avant en posant ces différentes questions et en exposant, quoique par aperçu, sa *théorie physique des cristaux* ; nous revenons à sa partie géométrique ou à son *caractère géométrique principal*, dont nous dirons encore quelques mots avant de commencer la partie de son Mémoire dont nous publions ici la traduction.

D'après ce qu'on a vu ci-dessus, les rapports que donne l'auteur pour établir ses *caractères géométriques principaux*, ne sont fondés que sur des *transmutations* de formes dans d'autres, en partant des rapports qui étaient adoptés pour chacune des premières. En effet, l'auteur a

pris pour base de ses nouveaux rapports ceux que M. Haüy a donné pour ses formes primitives, et il en a déduit les rapports relatifs aux nouvelles formes qu'il leur a substituées. Ainsi ces nouveaux rapports, quelque intéressans qu'ils soient, ne doivent leur exactitude qu'à celle qui a été mise dans la détermination des premiers.

M. Haüy a depuis long-tems fait voir la possibilité de ces *transmutations*, et il en a donné plusieurs exemples. M. Weiss est donc parti des idées et des découvertes de cet illustre minéralogiste dont il a su bien apprécier les talens distingués.

« Le siècle de la cristallographie, dit-il, n'a véritablement commencé qu'à l'époque où M. Haüy a cultivé cette science. Sans doute on ne peut nier que l'idée-mère de toute sa théorie (les rapports entre la forme des cristaux et leur structure interne), n'ait été trouvée avant lui par Bergmann; mais il est constant que M. Haüy n'avait eu aucune connaissance de ce travail de Bergmann lorsqu'il a publié les premiers aperçus de sa théorie; et il a d'autant plus de droit à l'honneur de cette découverte, qu'il se l'est, pour ainsi dire, si bien appropriée, qu'il est le seul qui se soit attaché à cette idée heureuse, qui y ait appliqué le calcul et les considérations géométriques les plus ingénieuses, et qu'enfin il est parvenu à en tirer des résultats nombreux pour toutes les espèces minérales ».

« Aussi, ajoute-t-il, c'est à ce savant célèbre que nous devons presque toutes les descriptions rigoureuses de cristaux que nous possédons jusqu'à présent. Si, depuis, quelques autres minéralogistes ont aussi contribué à étendre nos connaissances cristallographiques, ils n'ont pu le faire qu'en suivant fidèlement la marche que M. Haüy leur avait tracée; et, il n'est encore personne, qui en publiant des descriptions géométriques de cristaux, inspire une confiance aussi entière et aussi générale que cet illustre professeur du Muséum d'histoire naturelle ».

I.

I. *Idées préliminaires.*

On sait que M. Haüy rapporte tous les cristaux d'une seule et même espèce à une forme commune, qu'il appelle *forme primitive*, et qu'il détermine, soit par la structure intérieure de ce minéral lorsqu'on peut l'observer, soit, à son défaut, par l'ensemble des analogies et des rapports géométriques des formes entre elles; qu'ensuite il fait dériver de cette *forme primitive* toutes les autres formes considérées comme *secondaires*, par une addition décroissante de particules suivant certaines lois. Sans décrire ici ces formes secondaires et la manière dont M. Haüy les construit, il est évident que l'on doit trouver dans la forme primitive d'un minéral, les caractères géométriques principaux de toutes ses formes. Mais la forme primitive peut, par des divisions naturelles, se partager en particules plus petites, et enfin très-petites; c'est ce que M. Haüy appelle *molécules intégrantes*. Ces molécules peuvent être semblables à la forme primitive ou en être différentes. Dans ce dernier cas, M. Haüy indique le caractère géométrique principal de toute la forme, tantôt dans ces *molécules intégrantes*, tantôt dans la forme primitive (1); ce qui est absolument indifférent, si nous ne considérons que la définition mathématique de la forme.

Ce que M. Haüy entend par formes primitives.

(1) Car si la forme primitive est un prisme hexaèdre, ou indique le caractère géométrique par la molécule intégrante, on l'indique au contraire par la forme primitive, lorsqu'elle est un octaèdre ou un parallépipède différent de la molécule intégrante. (*Note de l'Auteur.*)

M. Haüy a établi une autre sorte de forme élémentaire qu'il appelle *molécule soustractive*, parce qu'il l'emploie pour ses soustractions ou décroissemens ; mais nous en parlerons peu ici, notre objet n'étant pas de nous occuper des moyens de faire dériver les cristaux secondaires des primitifs.

Examen  
des cristaux  
par ordre de  
formes.

Commençons par réunir tous les caractères principaux des différentes espèces de cristallisation, tels qu'ils sont indiqués dans tout le *Traité de Minéralogie* de M. Haüy, et réunissons ensemble tous ceux qui appartiennent à chacune des classes et genres, ou sections de formes primitives admises par M. Haüy.

On peut  
négliger les  
formes ré-  
gulières de  
la géomé-  
trie.

Nous pouvons d'abord séparer des autres tous les cristaux présentant une des formes régulières de la géométrie, comme les cubes, les octaèdres, tétraèdres, et dodécaèdres rhomboïdaux réguliers ; car toutes ces formes sont trop bien définies d'avance par cette même régularité géométrique qui les caractérise, pour que nous ayons à nous occuper d'en chercher une détermination plus précise. Il est hors de doute que ces solides géométriques réguliers sont rigoureusement la forme de certains cristaux comme, par exemple, du diamant, du spinelle, du grenat, de la chaux fluatée, de la soude et de l'ammoniaque muriatées, de la magnésie boratée, de l'alumine sulfatée, du plomb et de l'argent sulfurés, de tous les métaux natifs etc., et nous pouvons dire qu'il n'est aucuns cristaux dont nous connaissions aussi bien les propriétés mathématiques. Cependant il y a plusieurs manières d'exprimer les caractères fondamentaux de ces formes ré-

gulières. Il serait difficile de déterminer celle que l'on doit préférer ; et on ne serait pas beaucoup guidé dans ce choix en les étudiant tous séparément. Il serait plus sûr de procéder en cela, par analogie, en observant auparavant des cristaux de formes semblables, mais moins régulières ; car ces cristaux font reconnaître plus facilement en quoi consistent les lois fondamentales : mais aussi, après avoir considéré les différens cristaux que l'on appelle irréguliers, et avoir découvert leurs lois, nous reviendrons quelquefois, et avec un nouveau fruit, aux corps réguliers pour leur comparer les premiers ; car ces formes régulières se rencontrent si souvent dans la nature et dans des corps si différens, qu'elles paraissent avoir été comme le but général et le type de toutes les cristallisations.

Les formes géométriquement irrégulières que M. Haüy a admises comme formes primitives, sont des parallépipèdes, des octaèdres, des prismes hexaèdres réguliers, et enfin, des dodécaèdres à plans triangulaires. Nous pouvons omettre ce dernier genre de formes, puisque dans les deux seuls exemples qu'elles présentent, le quartz et le plomb phosphaté, M. Haüy lui-même, dans l'indication de leurs caractères géométriques, a jugé devoir les rapporter à des rhomboèdres, genre de parallépipèdes très-digne de remarque. Cependant, quant au quartz, M. Haüy paraît être resté dans le doute, car dans l'article où il traite de cette pierre, il indique sa forme primitive comme étant un rhomboèdre, et au contraire, dans le catalogue général des formes primitives, il range cette

Enuméra-  
tion des for-  
mes primi-  
tives.

même pierre parmi celles qui ont pour forme primitive un dodécaèdre à plans triangulaires.

On voit par ce seul exemple, qu'une forme primitive peut être transformée en une autre. Nous aurons occasion par la suite de citer de nombreux exemples de cette liaison qui paraît rapprocher l'une de l'autre certains genres de formes primitives. Aussi, il nous faut bien prendre garde de trop nous hâter de regarder ces différens genres comme formés par la nature.

II. *Des prismes hexaèdres réguliers.*

Parlons d'abord du prisme hexaèdre régulier, considéré comme étant un genre de forme primitive.

Je suis entièrement convaincu que c'est un genre bâtard qui doit être rapporté à un autre genre de forme primitive; savoir, les rhomboèdres simples ou doubles. Mon opinion, à cet égard, est fondée sur la nature physique de la forme primitive; j'en exposerai ailleurs les motifs. Mais en attendant, je dois considérer ici le prisme hexaèdre régulier comme étant une des formes primitives admises par M. Haüy; je me bornerai à considérer ces formes géométriquement, et à faire reconnaître que le prisme hexaèdre régulier peut toujours être rapporté au rhomboèdre, ou changé en rhomboèdre et réciproquement.

Les variations spécifiques entre les différens prismes hexaèdres, consistent dans le changement de rapports entre la hauteur et la largeur. C'est pourquoi M. Haüy a placé le caractère géométrique principal de ces formes,

C'est un genre à supprimer. On peut le changer en rhomboèdre.

Caractères des prismes hexaèdres d'après M. Haüy.

dans le rapport entre la hauteur du prisme et la perpendiculaire menée du centre de la base sur son côté.

Soit cette perpendiculaire =  $p$  et la hauteur =  $a$ . Les caractères des différentes formes de ce genre seront, d'après M. Haüy, ainsi qu'il suit :

|                            |     |   |     |    |            |   |             |
|----------------------------|-----|---|-----|----|------------|---|-------------|
| Chaux phosphatée. . . . .  | $p$ | : | $a$ | :: | $\sqrt{3}$ | : | $\sqrt{2}$  |
| Télésie ou saphir. . . . . | $p$ | : | $a$ | :: | 2          | : | $\sqrt{30}$ |
| Emeraude. . . . .          | $p$ | : | $a$ | :: | $\sqrt{3}$ | : | 2           |
| Népheline. . . . .         | $p$ | : | $a$ | :: | $\sqrt{7}$ | : | $\sqrt{2}$  |
| Mercure sulfuré. . . . .   | $p$ | : | $a$ | :: | 1          | : | $\sqrt{2}$  |

On voit par ce tableau que M. Haüy a toujours suivi la même méthode pour définir les caractères principaux des cristallisations de ce genre, les ayant toujours exprimés, ou par des nombres entiers, ou par des racines carrées de nombres entiers, ou, si l'on veut, par des racines carrées en général, puisqu'un nombre entier peut toujours être considéré comme la racine carrée d'un autre.

Nous observerons, quant à la forme de la télésie, dont le caractère géométrique, plus compliqué et moins simple que les autres, peut paraître moins satisfaisant, que le célèbre Haüy, qui chaque jour met tous ses soins à perfectionner son système, a dernièrement rejeté cette forme en associant la télésie avec une autre espèce de pierre, qui est le corindon, dont la forme primitive est un rhomboèdre. Nous l'examinerons lorsque nous nous occuperons de ce genre de forme, et ce sera un des exemples de

La télésie est renvoyée au corindon.

la transmutation du prisme hexaèdre régulier en un rhomboèdre.

Le rapport pour la népheline est le même que pour la tourmaline.

La forme de la népheline a cela de remarquable, qu'en admettant, d'après M. Haüy, son caractère principal comme on vient de l'indiquer, son expression se rapporte très-bien, et est même tout à fait conforme, avec l'expression que donne également M. Haüy du rhomboèdre de la tourmaline; car dans ce rhomboèdre, la diagonale horizontale est à la diagonale oblique comme  $\sqrt{7} : \sqrt{3}$ .

En effet, on peut conclure de ce rapport, que la face primitive de la tourmaline est également inclinée à l'axe que le plan secondaire, qui naît dans la népheline par un décroissement  $\bar{B}$ , suivant l'expression de M. Haüy, et le rapport du sinus au cosinus dans cette incidence, doit être comme  $\sqrt{7} : \sqrt{2}$ . Ce rapprochement sera démontré géométriquement lorsque nous parlerons des rhomboèdres.

Cependant cette conformité entre la népheline et la tourmaline, conformité qui est, il est vrai, masquée par la différence de forme primitive, mais qui n'en est pas moins réelle, ne peut s'accorder avec les différences minéralogiques qui distinguent ces deux espèces. Aussi sommes-nous disposés à adopter les changements que M. Haüy se propose aujourd'hui de faire à l'expression de la tourmaline, depuis que d'après l'indication de M. de Bournon, et d'après des mesures prises sur de plus gros cristaux que ceux qu'il avait eus jusqu'ici, il a jugé que cette expression devait être modifiée.

Je n'ai pas connaissance que M. Haüy ait

encore publié cette nouvelle expression de la tourmaline, conformément à ses dernières observations. Mais je tiens de cet illustre savant, dans les conférences que j'ai eu l'avantage d'avoir avec lui, et qui m'ont été infiniment précieuses, que ce changement devait être fait très-promptement. (*Voy.* le Tab. comparatif, etc.)

Il reste à parler des caractères très-simples de la chaux phosphatée et de l'émeraude; car pour le cinabre, nous ne pouvons nous regarder encore comme certains de connaître sa forme, les cristaux étant jusqu'ici trop petits pour se prêter à des mesures rigoureuses. Il y a même plus, c'est que cette substance, dont la forme devrait, d'après le caractère que M. Haüy en a tracé, s'associer au cube et aux autres corps réguliers de la géométrie, s'écarte beaucoup dans sa cristallisation de la régularité qu'elle devrait avoir, et que, d'après tous les autres indices, on a de fortes raisons de douter que son caractère soit exactement déterminé.

Le caractère géométrique que M. Haüy donne à l'émeraude est très-simple; mais on peut cependant le rendre encore plus simple, en changeant sa forme primitive en une autre qui nous paraît être la véritable; c'est la forme qui résulte du décroissement  $\bar{B}$  de M. Haüy, dont les faces sont marquées *t* dans la *planchette XLV, fig. 47 de son Traité*. Cette forme serait un dodécaèdre à triangles isocèles, semblable à ceux du quartz, du plomb phosphaté et autres. Le rapport du sinus au cosinus de l'incidence de chaque plan sur l'axe, serait  $\sin : \cos :: 2\sqrt{3} : 2 :: \sqrt{3} : 1$ . Ainsi on peut

Le caractère du cinabre est douteux.

Observations sur celui de l'émeraude.

remplacer l'expression déjà très-simple de M. Haüy,  $\sqrt{3} : 2$ , par cette autre encore plus simple  $\sqrt{3} : 1$ .

Sur celui de la chaux phosphatée.

Nous ne trouvons rien à changer au rapport qui exprime le caractère géométrique de la chaux phosphatée, puisqu'il peut servir également pour déterminer notre expression de cette cristallisation. En effet, si nous supposons encore ici qu'au lieu du prisme hexaèdre la forme primitive est un dodécaèdre à triangles isocèles, et que les faces de ce dodécaèdre soient les faces  $x$  (*planc. XXX, fig. 72 et 73 de M. Haüy*), les mêmes qui sont produites par la

loi  $\hat{B}$ , le rapport entre le sinus et cosinus de l'incidence de chacun de ces plans à l'axe, sera  $\sin : \cos :: \sqrt{3} : \sqrt{2}$ . Car c'est une conséquence

de l'expression  $\hat{B}$  de M. Haüy, que le sinus de l'angle dont il s'agit n'est autre chose que la ligne  $p$  ci-dessus, et le cosinus la ligne  $a$ .

Le rapport  $\sqrt{3} : \sqrt{2}$  se retrouve dans plusieurs espèces.

Mais ce rapport  $\sqrt{3} : \sqrt{2}$  est un sujet de méditation pour tous ceux qui ont quelques connaissances des calculs cristallographiques. Ce rapport est en effet celui des diagonales du rhombe de la forme primitive de la chaux carbonatée, et il se retrouve encore dans les formes de plusieurs autres espèces. Mais sa comparaison entre la chaux phosphatée et la chaux carbonatée, est tellement naturelle et nécessaire, qu'elle fait naître invinciblement l'idée qu'il existe certaines liaisons, jusqu'ici inconnues et indéterminées, entre les formes des différentes espèces, et par conséquent, entre leurs différens systèmes de cristallisation. Ce soupçon se fortifie encore lorsqu'on se rap-

pelle que la baryte sulfatée a aussi pour expression de sa forme, le même rapport  $\sqrt{3} : \sqrt{2}$ . Et en effet, il est impossible de ne pas convenir que ces trois espèces, la chaux carbonatée, la chaux phosphatée, et la baryte sulfatée, quoique parfaitement distinguées les unes des autres, n'aient cependant entre elles une sorte de rapport de ressemblance chimique, et pour ainsi dire, un certain air de famille.

### III. Des rhomboèdres.

Les formes primitives en parallépipèdes sont si variées, qu'il est nécessaire de partager ce genre en plusieurs sections, et de considérer chacune d'elles comme formant un genre particulier de formes primitives cristallines. Le parallépipède qui doit tenir le premier rang est le *rhomboèdre*. Nous préférons ce nom à celui de *rhomboïde* adopté par M. Haüy pour désigner le même solide, trouvant ce nom de rhomboèdre infiniment plus convenable et plus adapté au langage ordinaire. En effet, nous appelons *rhomboïde* un parallélogramme oblique à côtés inégaux. M. Haüy, au contraire, a désigné par ce même nom un solide circonscrit par six rhombes égaux et semblables. En nommant ce solide *rhomboèdre* pour satisfaire à la nécessité de changer le mot de *rhomboïde*, nous avons suivi l'analogie d'autres mots déjà adoptés pour désigner des solides, tels que ceux d'octaèdre, tétraèdre, dodécaèdre, icosaèdre, etc.

Motifs de cette dénomination.

Le rhomboèdre est une des formes les plus importantes en cristallographie; aussi M. Haüy

en a-t-il fait une étude particulière? et la science dont il a si bien mérité sous tant de rapports, lui est plus particulièrement redevable pour ses travaux sur cet objet. Son Traité des propriétés des Rhomboèdres sera dans tous les tems très-intéressant pour les géomètres, et très-utile aux minéralogistes.

Caractères que M. Haüy emploie pour les rhomboèdres

Pour définir le caractère principal des rhomboèdres, M. Haüy emploie le rapport entre les deux diagonales de ses faces. Cependant il y joint aussi quelquefois d'autres indications qui donnent un rapport plus simple. M. Haüy place un rhomboèdre de manière que son axe, c'est-à-dire, la ligne qui joint les deux angles solides formés de trois angles plans égaux soit verticale; il distingue ensuite les deux diagonales d'un des rhombes, en appelant *oblique* celle qui part de l'axe, et *horizontale*, celle qui ne rencontre point l'axe; et il appelle *g* la demi-diagonale horizontale, et *p* la demi-diagonale oblique. On sent qu'en comparant ainsi leurs moitiés, le rapport reste le même. Nous conserverons cette indication dans le tableau suivant, où nous avons réuni toutes les formes primitives rhomboèdres décrites par M. Haüy, avec les valeurs de *g* et de *p* qu'il a données pour chacune.

Tableau des rhomboèdres d'après M. Haüy.

|                                   |                                          |
|-----------------------------------|------------------------------------------|
| Chaux carbonatée. . . . .         | $g : p :: \sqrt{3} : \sqrt{2}$           |
| Quartz. . . . .                   | $\sqrt{15} : \sqrt{13}$                  |
| Corindon. . . . .                 | $\sqrt{15} : \sqrt{17}$                  |
| Tourmaline. . . . .               | $\sqrt{7} : \sqrt{3}$                    |
| Diopase. . . . .                  | $\sqrt{36} : \sqrt{17} :: 6 : \sqrt{17}$ |
| Chabasia. . . . .                 | $\sqrt{17} : \sqrt{15}$                  |
| Argent antimonié sulfuré. . . . . | $\sqrt{5} : \sqrt{3}$                    |

|                          |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| Plomb phosphaté. . . . . | $g : p :: \sqrt{12} : \sqrt{7}$ |
| Fer oligiste. . . . .    | $\sqrt{9} : \sqrt{10}$          |
| Fer sulfaté. . . . .     | $\sqrt{7} : \sqrt{10}$          |

Il ajoute quelques autres indications géométriques pour le quartz, la diopase, la chabasia, et l'argent antimonié sulfuré.

Ainsi, dans l'argent antimonié sulfuré, il donne pour le petit angle plan, le rapport suivant qui est très-simple;  $\cos : \text{rayon} :: 1 : 3$ .

Additions: pour l'argent antimonié sulfuré. Pour la chabasia.

Dans la chabasia, on a pour la moitié du grand angle d'incidence, le rapport  $\sin : \cos :: \sqrt{8} : \sqrt{7}$ , toujours d'après M. Haüy; et l'on doit remarquer que les expressions qu'il donne pour la chabasia et le corindon, sont inverses l'une de l'autre.

M. Haüy a décrit un autre rhomboèdre de diopase qu'il regarde comme secondaire, et dont le signe de décroissement est *B*. Le rapport qu'il donne pour ce rhomboèdre est :

Pour la diopase.

$$g : p :: \sqrt{9} : \sqrt{8}$$

La note qu'il a ajoutée au quartz a un but plus important, et mérite une attention plus sérieuse. En effet, le quartz ne présente que rarement des cristaux rhomboèdres; au contraire, il affecte presque toujours la forme d'une pyramide hexaèdre composée de la jonction de deux rhomboèdres semblables à celui indiqué au tableau ci-dessus; l'un de ces rhomboèdres est regardé par M. Haüy, comme primitif, et l'autre comme secondaire, quoiqu'il n'y ait aucune espèce de différence entre l'un et l'autre. Aussi M. Haüy paraît-il être incertain, s'il doit conserver le rhomboèdre pour

Pour le quartz.

forme primitive du quartz, ou s'il ne doit pas lui substituer un dodécaèdre bipyramidal, composé de deux pyramides comme celle que nous venons d'indiquer. Cette forme pyramidale présente déjà un rapport géométrique beaucoup plus simple que celui indiqué entre les deux diagonales du rhomboèdre, puisqu'on trouve que la perpendiculaire menée du centre sur le côté de la base, est à la hauteur de la pyramide  $::\sqrt{5} : \sqrt{8}$ .

Il est facile de reconnaître que le rapport entre les deux lignes que l'on vient de désigner, est le même que celui entre le sinus et le cosinus de l'inclinaison de chacun des plans de la pyramide ou du dodécaèdre triangulaire isocèle, à l'axe.

Ainsi, dans l'incidence des plans à l'axe, on a  $\sin : \cos :: \sqrt{5} : \sqrt{8}$ . Ce rapport entre le sinus et le cosinus de l'angle d'incidence des plans à l'axe, peut être employé comme caractère géométrique principal de tous les rhomboèdres, et je préfère le substituer au rapport entre les deux diagonales des faces que M. Haüy a adopté; car ces lignes diagonales, qui n'existent qu'à la surface du solide, ne peuvent donner une expression précise de ses lois fondamentales internes, et elles ne sont que le résultat nécessaire de causes plus importantes. Lorsque l'on considère isolément un des plans, et le rapport entre ses diagonales, on n'embrasse pas l'idée générale du solide; il est à craindre que s'occupant d'un seul plan, on ne saisisse pas l'ensemble du système; et cela seul prouve que l'on n'a pas attaqué le véritable centre des observations. Au contraire, l'axe est de toutes les

Substitution du rapport entre le sinus et le cosinus de l'inclinaison à l'axe.

parties d'un solide, celle qui doit toujours être préférée pour servir de terme de comparaison; et il ne peut y avoir aucune détermination plus importante que celle de la position de chaque plan du cristal par rapport à l'axe, c'est-à-dire, l'angle qu'ils forment avec lui; et la géométrie nous a présenté, que la meilleure manière de mesurer un angle est de déterminer le rapport entre son sinus et son cosinus.

Il est facile, dans un rhomboèdre, de trouver le rapport entre le sinus et le cosinus de l'incidence des plans à l'axe, lorsque l'on connaît le rapport entre les diagonales de ses plans; et de même, de trouver ce rapport des diagonales lorsqu'on connaît le rapport entre le sinus et le cosinus de l'incidence des plans à l'axe. Prenons pour rayon de l'angle d'inclinaison à l'axe, la demi-diagonale oblique ou longitudinale ci-dessus =  $p$ . Le sinus sera la perpendiculaire abaissée du centre du rhombe sur l'axe; et le cosinus sera la partie de l'axe comprise entre le pied de cette perpendiculaire et le sommet.

Soit le sinus =  $s$  et le cosinus =  $c$ . On a  $p = \sqrt{s^2 + c^2}$ , d'où l'on tire

$$s = \sqrt{p^2 - c^2} \text{ et } c = \sqrt{p^2 - s^2}.$$

Mais la demi-diagonale horizontale, ou  $g = \sqrt{3} \times s$ ; car les trois lignes  $g$ ,  $s$ , et la perpendiculaire menée de l'angle contigu à  $g$  sur l'axe, sont toutes dans un même plan perpendiculaire à l'axe, et forment entre elles un triangle rectangle dont les angles aigus sont de  $60^\circ$  et  $30^\circ$  (1); l'angle droit est situé sur le centre

(1) Car ce plan est une section transversale du rhomboèdre par ses trois angles latéraux, et cette section est un

Moyens de trouver le rapport par l'une des diagonales.

du plan primitif, l'angle de 60° sur l'axe et l'angle de 30° sur l'angle solide latéral. Or, dans un triangle rectangle de ce genre, les côtés sont entre eux comme 1 :  $\sqrt{3}$  : 2. C'est-à-dire, que en supposant ici  $s = 1$ , on a  $g = \sqrt{3}$ , et la troisième ligne ou l'hypothénuse = 2; donc  $g : s :: \sqrt{3} : 1$ , donc  $g = \sqrt{3} \times s$ ; donc si on connaît  $g$ , on a  $s = \frac{g}{\sqrt{3}}$ .

Ainsi connaissant  $g$  et  $p$ , cette équation donnera la valeur de  $s$ , et on aura celle de  $c$  par l'équation ci-dessus  $c = \sqrt{p^2 - s^2}$ . Ou si l'on connaît  $s$  et  $c$ , on pourra aussi facilement trouver  $g$  et  $p$ .

Les formules pour trouver  $g$  et  $p$ ,  $s$  et  $c$  étant connues, celles pour trouver  $s$  et  $c$ , en connaissant  $g$  et  $p$ , se réduisent aux proportions suivantes :

$$g : p :: \sqrt{3} \times s : \sqrt{s^2 + c^2} :: s : \sqrt{\frac{2}{3}s^2 + \frac{1}{3}c^2},$$

et

$$s : c :: \frac{g}{\sqrt{3}} : \sqrt{p^2 - \frac{g^2}{3}} :: g : \sqrt{3p^2 - g^2}.$$

Tableau des rhomboèdres d'après le nouveau rapport.

Donnons donc maintenant un tableau des rapports du sinus au cosinus dans l'incidence à l'axe de tous les rhomboèdres, tels qu'ils résultent des données de M. Haüy, et joignons-

triangle équilatéral. Mais notre ligne  $s$  est une perpendiculaire menée du centre sur le côté de ce triangle, et elle fait un angle de 60° avec la ligne menée du centre à l'angle adjacent à cette ligne,

y également les mêmes rapports pour les dodécaèdres birhomboèdres.

|                                                                               |              |                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Chaux carbonatée. . . . .                                                     | sin : cos :: | 1 : 1                                 |
| Quartz. . . . .                                                               |              | $\sqrt{5} : \sqrt{8}$                 |
| Corindon. . . . .                                                             |              | $\sqrt{5} : \sqrt{12}$                |
| Tourmaline. . . . .                                                           |              | $\sqrt{7} : \sqrt{2}$                 |
| Dioptase. . . . .                                                             |              | $\sqrt{12} : \sqrt{5}$ (1)            |
| Dioptase. Le rhomboèdre secondaire dans lequel $g : p :: \sqrt{9} : \sqrt{8}$ |              | $\sqrt{3} : \sqrt{5}$                 |
| Chabasia. . . . .                                                             |              | $\sqrt{17} : \sqrt{28}$               |
| Argent antimonié sulfuré. . . . .                                             |              | $\sqrt{5} : \sqrt{4} :: \sqrt{5} : 2$ |
| Plomb phosphaté. . . . .                                                      |              | $\sqrt{4} : \sqrt{3} :: 2 : \sqrt{3}$ |
| Fer oligiste. . . . .                                                         |              | $\sqrt{3} : \sqrt{7}$                 |
| Fer sulfaté. . . . .                                                          |              | $\sqrt{7} : \sqrt{23}$                |

Continuons ce tableau, en y ajoutant les formes dont il a été question au paragraphe précédent (à l'exception de la télésie, aujourd'hui réunie par M. Haüy au corindon), et joignons-y le cube, qui n'est pas étranger au rhomboèdre, puisqu'il tient le milieu entre les rhomboèdres aigus et les rhomboèdres obtus; associons aussi au cube la forme du mercure sulfuré ou cinabre, nous aurons :

Tableau semblable pour les prismes hexaèdres et pour le cube.

|                                          |              |                       |
|------------------------------------------|--------------|-----------------------|
| Chaux phosphatée. . . . .                | sin : cos :: | $\sqrt{3} : \sqrt{2}$ |
| Émeraude. . . . .                        |              | $\sqrt{3} : 1$        |
| Népheline. . . . .                       |              | $\sqrt{7} : \sqrt{2}$ |
| Le cube avec le mercure sulfuré. . . . . |              | 1 : $\sqrt{2}$        |

(1) On voit ici que le rapport du sinus au cosinus de l'incidence à l'axe dans la dioptase, est inverse de celui du corindon; comme dans le tableau précédent des rapports des diagonales, le rapport de la chabasia est inverse de celui du corindon.

Ces rapports sont en général plus simples que ceux par les diagonales.

Si l'on compare la table des rapports entre les diagonales, telle que nous l'avons donnée ci-dessus d'après M. Haüy, avec cette dernière table des rapports entre les sinus et cosinus de l'inclinaison à l'axe, on reconnaîtra facilement que celle-ci présente des rapports plus simples, si ce n'est pour la chabasié et le fer sulfaté. Mais il faut observer, que jusqu'ici nous n'avons voulu rien changer aux données géométriques admises par M. Haüy; et en outre, on peut avancer que cet illustre auteur ne peut être parfaitement assuré de celles qu'il a adoptées pour la chabasié et le fer sulfaté, et s'il y a quelques rhomboédres dont la définition géométrique exige quelque modification, on a tout lieu de présumer que celle des deux espèces que nous venons de citer sont dans ce cas. Enfin, quoiqu'il soit vrai que les rapports  $\sqrt{17} : \sqrt{15}$  et  $\sqrt{7} : \sqrt{10}$  soient plus simples que ceux  $\sqrt{17} : \sqrt{28}$  et  $\sqrt{7} : \sqrt{23}$ , cependant les premiers n'ont pas un assez grand degré de simplicité, et les seconds ne sont pas assez composés pour que l'on ait beaucoup à regretter.

On observe au contraire (et ceci est bien plus essentiel), que toutes les formes dont on est le plus assuré de connaître le véritable caractère géométrique, parce qu'on a eu plus de moyens et plus de facilités pour les observer; celles enfin qui sont les plus importantes, soit par elles-mêmes, soit par le rôle qu'elles jouent dans la nature, ont une expression plus simple dans ce second tableau, où l'on a employé le rapport du sinus au cosinus de l'incidence à l'axe. Cette simplification est surtout remarquable dans la chaux carbonatée, le quartz et le plomb phosphaté.

phaté. On peut aussi y ajouter la chaux phosphatée et l'émeraude.

En effet, le rapport 1 : 1 est infiniment plus simple que celui  $\sqrt{3} : \sqrt{2}$ ; celui  $\sqrt{3} : \sqrt{8}$ , que celui  $\sqrt{15} : \sqrt{13}$ , et cette augmentation de simplicité peut nous donner lieu d'espérer que nous sommes déjà moins éloignés de la découverte des causes physiques des phénomènes de la cristallisation.

On objectera sans doute que dans le cube, le rapport des diagonales 1 : 1 est beaucoup plus simple que celui du sinus au cosinus de l'incidence à l'axe, qui est 1 :  $\sqrt{2}$ ; mais il est facile de répondre à cette objection. D'abord il y a beaucoup de minéralogistes qui ne veulent point considérer le cube comme une variété du rhomboèdre. Le cube n'a pas un axe unique, mais trois axes qui sont absolument identiques sous tous les rapports. Il n'y a donc pas dans le cube, comme dans le rhomboèdre, une ligne unique à laquelle toutes les dimensions du solide se rapportent. Mais en outre, s'il est une forme qui ait avec le cube une liaison intime, c'est l'octaèdre régulier; on sait que ces deux formes peuvent être transformées l'une dans l'autre par des moyens très-simples. Or, si l'on étudie, sous le rapport qui nous occupe, les propriétés de l'octaèdre régulier, on trouve que dans l'angle d'inclinaison de chacune de ses faces à l'axe, le rapport du sinus au cosinus est 1 :  $\sqrt{2}$ , ce qui présente une identité satisfaisante avec le cube. Conservons donc ce rapport qui assimile ainsi le cube et l'octaèdre; car il est très-intéressant de voir que ces deux formes qui ont

Réponse à l'objection tirée du cube.

tant d'affinité entre elles, ont précisément la même inclinaison à l'axe.

Préférence à accorder à ces rapports.

Ainsi nous ne craignons pas d'avancer que c'est dans le rapport du sinus au cosinus de l'inclinaison à l'axe, qu'il faut chercher le caractère géométrique principal de toutes les formes dont nous avons parlé jusqu'ici.

Calcul de toutes les lignes et angles du rhomboèdre, en valeurs du sinus et du cosinus de l'inclinaison à l'axe.

Or, de même que M. Haüy a employé le rapport des diagonales pour calculer les valeurs algébriques des autres lignes et des angles du rhomboèdre qui servent à déterminer les formes secondaires, de même nous pouvons aussi exprimer toutes ces lignes et angles par des fonctions du sinus et du cosinus de l'angle d'inclinaison à l'axe, ainsi, notre rapport entre ce sinus et ce cosinus peut servir de base à tout le calcul des formes secondaires; et on verra bientôt que l'on obtient de cette manière des expressions très-simples et généralement plus simples que celles que l'on déduit des rapports entre les deux diagonales.

Valeurs des lignes.

Ainsi, par exemple, en prenant la demi-diagonale oblique pour le rayon de l'angle d'incidence du plan à l'axe, et conservant à  $s$ ,  $c$ ,  $p$  et  $g$ , leurs valeurs indiquées ci-dessus, on aura l'axe du rhomboèdre  $= 3c$ ; la demi-perpendiculaire à l'axe, telle que l'indique M. Haüy,  $= s$ ; la demi-diagonale oblique  $p = \sqrt{s^2 + c^2}$ ; la demi-diagonale horizontale  $g = \sqrt{3} \times s$ ; et le côté du rhombe  $= \sqrt{4s^2 + c^2}$ .

Valeur de l'angle linéaire du rhombe.

Dans la moitié de l'angle terminal du rhombe, on aura  $\sin : \cos :: g : p :: \sqrt{3} \times s : \sqrt{s^2 + c^2}$ ; et pour la moitié de l'angle latéral du rhombe, on aura  $\sin : \cos :: p : g :: \sqrt{s^2 + c^2} : \sqrt{3} \times s :: \sqrt{\frac{1}{3}s^2 + \frac{1}{3}c^2} : s$ .

On peut enfin déterminer les angles des plans entre eux; cherchons d'abord l'angle que forment deux plans contigus au même sommet ou l'angle plan terminal.

Valeur de l'angle plan terminal, ou de sa moitié.

Au lieu de l'angle entier, nous pouvons ne considérer que la moitié de cet angle; déterminons son rayon, son sinus et son cosinus, et prenons pour son rayon  $g$ , la perpendiculaire menée du centre d'un des rhombes sur le côté de ce rhombe.

Alors le sinus  $\sigma$  sera la moitié d'une ligne menée du centre d'un rhombe au centre du rhombe adjacent vers le même sommet. Or, cette ligne entière sera  $= g$ , car elle forme avec les deux demi-diagonales des deux rhombes adjacens un triangle équilatéral; ce qui résulte de ce qui a été dit plus haut de la section transversale horizontale; donc  $\sigma = \frac{1}{2}g = \frac{1}{2}\sqrt{3} \times s = \sqrt{\frac{1}{4}s^2}$ .

Son sinus.

Pour chercher le cosinus  $\chi$ , observons que la perpendiculaire à l'axe indiquée par M. Haüy, et qui est  $= 2s$ , est partagée par notre ligne  $\sigma$  en deux parties, qui sont entre elles comme  $\frac{1}{2} : \frac{1}{2}$ , ou dont les valeurs seront comme  $\frac{1}{2}s : \frac{1}{2}s$ ; ou, suivant une expression plus générale que nous emploierons souvent, cette ligne sera partagée en deux parties  $\pi + \pi' = \frac{g^2}{2s} + \frac{s^2}{2s}$ .

Son cosinus.

Maintenant on peut déterminer le cosinus  $\chi$  par un triangle rectangle dont il est un des côtés de l'angle droit, et dont l'hypothénuse est la ligne  $\frac{1}{2}s$ .

Car ce triangle est semblable à un autre triangle rectangle dont les côtés de l'angle droit sont la ligne  $c$  et la perpendiculaire à l'axe, et dont l'hypothénuse est le côté terminal du rhombe.

boèdre que nous supposons =  $m$ . Nous aurons donc cette proportion  $m : c :: \frac{1}{2} s : \chi$ .

D'où l'on tire  $\chi = \frac{c \times \frac{1}{2} s}{m}$  et en substituant pour  $m$  sa valeur =  $\sqrt{4s^2 + c^2}$ .

$$\chi = \frac{c \times \frac{1}{2} s}{\sqrt{4s^2 + c^2}} = \frac{3cs}{\sqrt{16s^2 + 4c^2}} = \frac{\sqrt{9c^2 s^2}}{16s^2 + 4c^2}$$

Son rayon.

Le rayon

$$\rho = \frac{p \times g}{m} = \frac{\sqrt{3} \times s \times \sqrt{s^2 + c^2}}{\sqrt{4s^2 + c^2}} = \frac{\sqrt{3s^4 + 3c^2 s^2}}{4s^2 + c^2}$$

On aurait aussi pu faire le rayon  $\rho = \sqrt{s^2 + \chi^2}$ , ce qui en substituant les valeurs de  $\sigma$  et de  $\chi$ ,

donne  $\rho = \sqrt{\frac{1}{4} s^2 + \frac{9c^2 s^2}{16s^2 + 4c^2}}$ ; valeur qui revient à

celle-ci,  $\rho = \frac{\sqrt{3s^4 + 3c^2 s^2}}{4s^2 + c^2}$ , la même que ci-dessus.

$$\text{Donc } \sigma : \chi : \rho :: \sqrt{\frac{1}{4} s^2} : \frac{\sqrt{9c^2 s^2}}{16s^2 + 4c^2} : \frac{\sqrt{3s^4 + 3c^2 s^2}}{4s^2 + c^2}$$

$$:: 1 : \frac{\sqrt{3c^2}}{4s^2 + c^2} : \frac{\sqrt{4s^2 + 4c^2}}{4s^2 + c^2} :: \sqrt{4s^2 + c^2} : \sqrt{3c^2} : \sqrt{4s^2 + 4c^2}$$

Donc dans la moitié de l'angle plan entre deux faces contiguës au même sommet, le sinus est au cosinus ou  $\sigma : \chi :: \sqrt{4s^2 + c^2} : \sqrt{3c^2}$ . En outre, le sinus est au rayon ou  $\sigma : \rho :: \sqrt{4s^2 + c^2} : \sqrt{4s^2 + 4c^2}$ , et enfin le cosinus est au rayon ou

$$\chi : \rho :: \sqrt{3c^2} : \sqrt{4s^2 + 4c^2}$$

Mais si l'on observe que l'expression  $\sqrt{4s^2 + c^2}$  est aussi la valeur du côté du rhombe que nous avons appelé  $m$ , que la demi-diagonale oblique  $p$  a pour valeur  $\sqrt{s^2 + c^2}$ , que par conséquent l'expres-

Propriété du rhomboèdre.

sion  $\sqrt{4s^2 + 4c^2} = 2\sqrt{s^2 + c^2} = 2p$ , on reconnaîtra que le rapport ci-dessus  $\sigma : \rho :: \sqrt{4s^2 + c^2} : \sqrt{4s^2 + 4c^2}$  peut se changer en celui-ci  $\sigma : \rho :: m : 2p$ ; d'où l'on tire cette belle proposition: que dans un rhomboèdre, le rayon est au sinus de la moitié de l'angle plan entre deux faces adjacentes contiguës au même sommet, comme la diagonale oblique est au côté du rhombe (1).

Connaissant l'angle plan entre deux faces contiguës au même sommet, on conçoit facilement que l'on aura aussi la valeur de l'angle plan entre deux faces contiguës à deux sommets différens, puisque ce dernier est le supplément du premier.

M. Haüy appelle *section principale* du rhomboèdre, cette section qu'y forme un plan mené par deux arêtes terminales et deux diagonales obliques parallèles opposées, lequel plan passe par l'axe. Nous aurons aussi facilement les angles de la figure de cette section principale. En effet, celui des angles de cette figure qui correspond au sommet, se compose de deux angles, dont l'un est l'angle d'inclinaison d'un plan à l'axe, et l'autre est l'angle d'inclinaison d'un côté terminal à l'axe.

Dans ce premier, le rapport du sinus au co-

(1) Nous avons vu que la demi-diagonale horizontale  $g = \sqrt{3s^2}$ . Ici nous avons  $\chi = \sqrt{3c^2}$ , donc  $\chi : g :: c : s$ , donc  $\chi = \frac{cg}{s}$ ; on peut encore trouver une autre expression du cosinus  $\chi$  en d'autres lignes du rhomboèdre, car  $\chi = \sqrt{3c^2} = \sqrt{3} \times c = \frac{3c}{\sqrt{3}}$ ; mais nous avons vu que l'axe  $= 3c$ , donc on a  $\chi = \frac{axc}{\sqrt{3}} = \sqrt{\frac{x}{3}} \times axc$ .

A a 3

Angles de la section principale.

sinus est comme  $s : c$ , et nous allons faire voir que dans le second, le sinus est au cosinus comme  $2s : c$ , car dans cet angle, le côté terminal du rhomboèdre étant pris pour rayon, le sinus doit être égal à la perpendiculaire sur l'axe que nous avons vu être  $= 2s$ .

La somme de ces deux angles donne pour la section principale l'angle contigu au sommet, et connaissant cet angle, on connaît aussi son supplément, qui est l'angle latéral de cette même section.

Il serait très-facile, au moyen de ces expressions des lignes et des angles d'un rhomboèdre en valeurs du sinus et du cosinus de l'angle d'inclinaison d'un plan à l'axe, de calculer ses formes secondaires.

Ainsi, par exemple, le rhomboèdre secondaire dont le signe est  $B$ , a une incidence de ses faces à l'axe égal à celle d'un côté terminal du rhomboèdre primitif, et nous avons vu que dans cet angle, le sinus est au cosinus comme  $2s : c$ .

On conçoit que de ce seul rapport on peut déduire toutes ses propriétés, comme on l'a fait voir pour tout rhomboèdre en général.

Dans le rhomboèdre secondaire que M. Haüy indique par le signe  $E E'$  (1), on a pour l'angle d'incidence d'un plan à l'axe, le sinus est au cosinus comme  $s : 2c$  ou comme  $\frac{1}{2}s : c$ .

On voit donc que le genre de calcul que nous avons adopté, nous donne le moyen de déter-

(1) Je préférerais l'expression  $e$  qui produit la même forme.

miner toutes les formes secondaires. Mais nous ne nous étendrons pas davantage sur cet objet. Nous pensons que ce que nous en avons dit est bien suffisant pour faire reconnaître que notre formule par le sinus et le cosinus de l'incidence d'un plan à l'axe n'est pas moins propre que celle de M. Haüy, par les deux demi-digonales, pour déterminer les formes des rhomboèdres.

Non-seulement toutes les formes que nous avons examinées jusqu'ici se rapportent à une seule et même classe de formes cristallines, mais elles comprennent cette classe toute entière, en sorte qu'il ne nous reste aucune forme à examiner qui puisse s'y rapporter.

Mais cette classe se divise évidemment en deux sections ou genres, dont l'une comprend les véritables rhomboèdres ou les rhomboèdres simples terminés par six rhombes égaux et semblables et parallèles deux à deux, et l'autre renferme ces solides composés de douze triangles égaux et semblables et parallèles deux à deux, que l'on peut considérer comme étant formés de la réunion de deux rhomboèdres, dont l'un a ses faces entre celles de l'autre, de manière qu'il en résulte un dodécaèdre bipyramidal à plans triangulaires isocèles égaux et semblables. Le quartz, le plomb phosphaté, la chaux phosphatée, l'émeraude, et la népheline, se rapportent à ce genre de forme; toutes les autres se rapportent au premier.

Le calcul de ces dodécaèdres composés de deux pyramides hexaèdres droites à plans triangulaires isocèles, est semblable au calcul des

A a 4

*Birhomboèdres, ou dodécaèdres triangulaires isocèles.*

Calcul de ces birhomboèdres par les sinus et cosinus de l'inclinaison à l'axe.

rhomboèdres; cependant il a aussi ses formules particulières.

Soit  $l$  la base d'un des triangles, et soit  $r$  une perpendiculaire abaissée du sommet sur cette base. Cette ligne  $r$  peut être considérée comme le rayon de l'angle d'inclinaison de ce triangle à l'axe; alors le sinus  $s$  sera la ligne menée du centre au milieu de  $l$ , et le cosinus  $c$  sera la hauteur de la pyramide. L'axe  $a = 2c$ .

On aura cette proportion  $\frac{1}{2}l$  ou  $\frac{l}{2} : s :: 1 : \sqrt{3}$ ; d'où l'on tire  $\frac{l}{2} = \sqrt{\frac{1}{3}} \times s$  et,  $l = \sqrt{\frac{4}{3}} \times s$ . Ces lignes  $\frac{l}{2}$  et  $r$  seront analogues à  $g$  et  $p$  dans le rhomboèdre.

Angle linéaire au sommet.

L'angle au sommet de chaque triangle sera déterminé, puisque dans sa moitié le sinus est au cosinus comme

$$\frac{l}{2} : r :: \sqrt{\frac{1}{3}} \times s : \sqrt{s^2 + c^2} :: s : \sqrt{3s^2 + 3c^2}.$$

Soit  $d$  la ligne menée du centre à un angle de la base, elle est égale à  $l$ ; donc  $d = \sqrt{\frac{4}{3}} s$ .

Soit  $m$  le bord terminal, on a :

$$m = \sqrt{d^2 + c^2} = \sqrt{\frac{4}{3}s^2 + c^2};$$

on aurait eu la même valeur en faisant :

$$m = \sqrt{\frac{l^2}{4} + r^2} = \sqrt{\frac{4}{3}s^2 + c^2}.$$

Angle entre deux faces adjacentes contiguës au même sommet.

Déterminons maintenant l'angle entre deux plans adjacens et contigus au même sommet. Nous considérerons seulement la moitié de cet angle, et nous désignerons comme ci-dessus, son sinus, son cosinus, et son rayon par  $\sigma$ ,  $\chi$  et  $\rho$ .

Le sinus sera la perpendiculaire menée du milieu de  $l$  sur  $d$ ; le cosinus sera la perpendiculaire du pied de la première dans  $d$ , sur  $m$ ;

et le rayon la perpendiculaire menée du milieu de  $l$  sur  $m$ . Ces trois lignes seront dans un même plan qui mesurera l'incidence de deux faces adjacentes d'une même pyramide.

Mais  $\sigma$  est égale à la moitié d'une ligne menée du milieu de la ligne  $l$  au milieu d'une autre ligne  $l$  adjacente; cette ligne forme avec les deux lignes  $s$  adjacentes, un triangle équilatéral; donc cette ligne =  $s$ , donc  $\sigma = \frac{1}{2} s$ .

Valeur du sinus.

$\sigma$  divise la ligne  $d$  en deux parties  $d$  et  $d'$  dont voici les expressions :

$$d : \frac{l}{2} :: \frac{l}{2} : d, \text{ et comme } d = l, \text{ on a } 2 : 1 :: \frac{l}{2}$$

$$: d = \frac{l}{4}; \text{ et substituant pour } l \text{ sa valeur } \sqrt{\frac{4}{3}} s,$$

$$\text{on a } d = \sqrt{\frac{1}{12}} s.$$

Ensuite  $d : s :: s : d' = \frac{s^2}{d}$ , et substituant pour

$$d \text{ sa valeur } = \sqrt{\frac{1}{12}} s, \text{ on tire } d' = \frac{s}{\sqrt{\frac{1}{12}}} = \sqrt{\frac{12}{1}} s.$$

Ces valeurs étant déterminées, on peut trouver  $\chi$  par la proportion suivante, fondée sur la similitude entre deux triangles;  $m : c :: d' : \chi$ ;

Valeur du cosinus.

$$\text{donc } \chi = \frac{d'c}{m} = \frac{cs}{\sqrt{12} \cdot m} = \frac{cs}{\sqrt{16s^2 + 12c^2}}.$$

Enfin le rayon

Valeur du rayon.

$$\rho = \frac{r \times \frac{l}{2}}{m} = \frac{\sqrt{s^2 + c^2} \times \sqrt{\frac{1}{3}} \times s}{\sqrt{\frac{4}{3}s^2 + c^2}} = \frac{\sqrt{s^2 + c^2} \times s}{\sqrt{4s^2 + 3c^2}} = \frac{\sqrt{s^4 + s^2c^2}}{\sqrt{4s^2 + 3c^2}}.$$

$$\text{On a donc } \sigma : \chi : \rho :: \frac{s}{2} : \frac{cs}{\sqrt{16s^2 + 12c^2}} : \frac{\sqrt{s^4 + s^2c^2}}{4s^2 + 3c^2}$$

Rapport général.

$$:: 1 : \frac{c}{\sqrt{4s^2 + 3c^2}} : \frac{2\sqrt{s^2 + c^2}}{\sqrt{4s^2 + 3c^2}} :: \sqrt{4s^2 + 3c^2} : c : 2\sqrt{s^2 + c^2}$$

$$:: \sqrt{3} \times m : c : 2r.$$

Propriété  
des birhomboèdres.

Ainsi nous avons dans ces dodécaèdres birhomboèdres une propriété analogue à celle que nous avons reconnue dans les rhomboèdres, et non moins intéressante. En effet, dans ce dernier nous avons eu  $\sigma : \rho :: m : 2p :: m : 2r$  et  $\chi = \sqrt{3}c$ , et dans le dodécaèdre nous avons  $\chi : \rho :: c : 2r$  et  $\sigma = \sqrt{3}m$ . Propriété que l'on peut exprimer ainsi : dans la moitié de l'angle entre deux faces adjacentes d'une même pyramide d'un dodécaèdre triangulaire isocèle, le cosinus est au rayon comme le cosinus de l'incidence d'un des plans à l'axe est au double du rayon ; ou comme le demi-axe du dodécaèdre est au double de l'apothème d'un des triangles.

Détermination des autres angles des birhomboèdres.

Les autres incidences des plans du dodécaèdre triangulaire sont maintenant faciles à trouver. Ainsi, l'incidence d'un plan sur son opposé, au même sommet, est le double de l'incidence d'un plan à l'axe.

L'incidence d'un plan sur le troisième plan (celui qui n'est séparé de lui que par le plan adjacent commun) est l'incidence de deux plans adjacents contigus au même sommet dans le rhomboèdre simple.

L'incidence d'un plan sur le plan adjacent dans l'autre pyramide, est le supplément du double de l'incidence d'un plan à l'axe.

L'incidence d'un plan sur le plan de l'autre pyramide qui ne les touche qu'en un point sur un angle latéral, est égal à l'angle de deux faces non contiguës au même sommet dans le rhomboèdre simple ; et ainsi de suite.

Nous bornerons là ce que nous avons à dire sur nos dodécaèdres birhomboèdres.

Il faut bien observer que dans ces solides, chaque pyramide n'est pas composée de six faces, mais de deux fois trois faces, de manière qu'elles alternent réciproquement et se correspondent l'une à l'autre ; c'est une vérité dont le quartz surtout nous fournit des preuves évidentes. Aussi M. Haüy est-il resté dans le doute s'il devait choisir pour forme primitive de cette espèce, le rhomboèdre ou le dodécaèdre bipyramidal. Car s'il était facile, en choisissant trois plans alternans pour forme primitive, d'en faire dériver les trois autres par une loi de décrois-

Résumé  
sur ces birhomboèdres.

sement simple  $\frac{1}{2}$ , il y avait beaucoup de difficulté à faire provenir d'un seul rhomboèdre les autres plans qui appartiennent à la cristallisation du quartz, et qui ont un égal rapport avec les deux rhomboèdres, dont cependant l'un aurait été la forme primitive, et l'autre une forme secondaire. Ce rhomboèdre secondaire ne présentait aucun caractère qui pût le faire distinguer du primitif. L'observation indiquait donc que la forme primitive n'était pas seulement un solide à trois faces, mais qu'elle était composée de deux solides à trois faces, tous deux également nécessaires, remplissant le même rôle dans la forme primitive, et cependant, constituant en quelque sorte deux systèmes séparés dans la forme primitive ; et cette admission, qui paraissait s'accorder difficilement avec la théorie moléculaire de la cristallisation, n'est point contraire aux principes que nous avons adoptés. En un mot, nous avons jugé devoir réunir dans une même classe de cristaux, tous ceux qui sont terminés par une

association triple de plans égaux et semblables (et d'autres parallèles). Parmi ces cristaux, il en est qui sont terminés par trois plans seulement, et d'autres qui sont composés de deux fois trois plans, ces deux systèmes alternant ensemble, se croisant réciproquement, et tous deux parfaitement semblables. Nous ne connaissons aucune exception.

Toutes les autres formes se rapportent à quatre plans.

Il s'agit maintenant de prouver que toutes les autres formes cristallines se rapportent à deux fois deux plans (deux plans parallèles étant comptés pour un seul), ou que toutes les autres formes primitives quelconques sont composées de deux fois deux plans. C'est ce dont il va être question.

#### IV. Des octaèdres droits à bases carrées.

Il y a une telle différence entre les rhomboèdres et les autres parallélipèdes, que non-seulement il faut absolument séparer ces deux genres de formes, mais qu'il faut même placer entre eux un autre genre de forme, les *octaèdres*, qui ont le plus souvent avec les parallélipèdes bien plus de rapports et de points de comparaison que les rhomboèdres. En effet, il y a certains genres de parallélipèdes qui, considérés comme formes primitives, ont bien plus d'analogie avec certaines formes d'octaèdres qu'avec les autres parallélipèdes.

Ce rapport entre ces deux formes, quoique peu apparent, est cependant plus certain et plus réel que cette ressemblance spacieuse qui paraîtrait devoir réunir entre eux tous les parallélipèdes, aussi préférons-nous de le suivre;

et pour cela, nous commencerons par examiner cette série particulière d'octaèdres qui comprend ceux composés de triangles isocèles égaux et semblables, et par conséquent formés de deux pyramides droites à base carrée; car les octaèdres de ce genre ont une plus grande régularité, et ont plus d'analogie que les autres avec l'octaèdre régulier de la géométrie, qui même, si l'on veut, peut être considéré comme n'étant qu'une espèce de ce genre, puisqu'il a avec eux une propriété commune, d'être formé de plans tous également inclinés à l'axe.

M. Haüy emploie le rapport entre la hauteur d'une pyramide et le côté ou le demi-côté de la base pour exprimer le caractère principal de ce genre d'octaèdres. Quelquefois il y ajoute certaines indications géométriques. Ainsi, par exemple, pour le zircon il donne le rapport des côtés d'un des triangles égaux formés sur une quelconque des faces, par une perpendiculaire abaissée du sommet sur le côté de la base.

Rapports employés par M. Haüy.

Le tableau suivant renferme les rapports adoptés par M. Haüy pour déterminer les différentes formes octaèdres à base carrée.

*Zircon.* Le bord terminal, la perpendiculaire du sommet sur le côté de la base, et le demi-côté de la base sont :: 5 : 4 : 3.

*Anatase.* Le demi-côté de la base est à la hauteur de la pyramide ::  $\sqrt{2}$  :  $\sqrt{13}$ .

*Harmotome.* Le côté de la base est à la hauteur de la pyramide :: 3 :  $\sqrt{2}$ ; ou la demi-dia-

gonale de la base est à la hauteur de la pyramide :: 3 : 2.

*Méllite.* Le demi-côté de la base est à la hauteur de la pyramide ::  $\sqrt{8} : \sqrt{9}$ .

*Plomb molybdaté.* Le côté de la base est à la hauteur de la pyramide ::  $2\sqrt{8} : \sqrt{5}$ .

Il est évident que le demi-côté de la base et la hauteur de la pyramide ne sont autre chose que le sinus et le cosinus de l'incidence d'un plan quelconque à l'axe. Ainsi, si nous adoptons pour déterminer le caractère principal de ces octaèdres la méthode que nous avons suivie jusqu'ici pour les rhomboèdres, nous nous trouvons conduits naturellement à des rapports analogues à ceux du tableau précédent. Ainsi pour le zircon, le rapport entre la perpendiculaire du sommet sur le côté de la base, et le demi-côté de la base étant 4 : 3, on en conclut facilement que le rapport entre le demi-côté de la base et la hauteur de la pyramide est :: 3 :  $\sqrt{7}$ , car cette hauteur =  $\sqrt{p^2 - l^2} = \sqrt{4^2 - 3^2} = \sqrt{7}$ .

Mais avant de changer le tableau précédent en un autre qui contienne les rapports entre le sinus et le cosinus des incidences des plans à l'axe, il ne sera pas inutile d'examiner un autre genre de forme qui a les plus grands rapports avec les octaèdres à base carrée; c'est un genre particulier de parallépipède admis par M. Haüy comme forme primitive, et qui peut indifféremment être substitué aux octaèdres qui nous occupent, et réciproquement; je veux parler des parallépipèdes rectangles droits à base carrée. Il est absolument indifférent de choisir pour forme primitive, le prisme ou l'octaèdre

Ces rapports sont analogues à ceux tirés de l'inclinaison à l'axe.

Les prismes droits à base carrée peuvent être rapportés aux octaèdres ci-dessus.

à base carrée, les résultats géométriques sont les mêmes. Ces parallépipèdes et ces octaèdres sont entre eux comme le cube et l'octaèdre régulier, ayant le même rapport entre la hauteur et la largeur. En effet, si l'on suppose un parallépipède inscrit dans un octaèdre donné, de manière que les angles solides du premier correspondent au milieu des faces de l'autre, ou réciproquement un octaèdre inscrit dans un parallépipède donné et de la même manière, on pourra choisir à volonté l'une ou l'autre de ces deux formes pour servir de base à tout le calcul cristallographique. Le rapport entre la hauteur de l'octaèdre et la largeur de sa base serait le même que celui entre la hauteur du parallépipède et la largeur de sa base. Or je pense que l'on doit rejeter absolument du nombre des formes primitives tous ces parallépipèdes sans aucune exception, et leur substituer des octaèdres à base carrée; et mon opinion à cet égard est moins fondée sur des considérations géométriques que sur le résultat de l'observation physique de la cristallisation. Il serait trop long d'exposer ici mes motifs, d'ailleurs cela ne me paraît pas indispensable. On saisira facilement les raisons qui doivent faire adopter de préférence, comme forme primitive, une de ces deux formes indiquées par M. Haüy, lesquelles ont d'ailleurs entre elles les plus grands rapports.

Je vais donc donner d'abord un tableau des cristaux en prismes quadrangulaires rectangles à base carrée avec leurs déterminations géométriques d'après M. Haüy. Ce célèbre minéralogiste a toujours adopté, pour déterminer le

Détermination de ces prismes d'après M. Haüy.

caractère principal, le rapport entre le côté de la base et la hauteur du prisme. Nous appellerons ce côté  $l$ , et la hauteur  $a$ .

|                    |                                     |
|--------------------|-------------------------------------|
| Magnésie sulfatée; | $l : a :: \sqrt{6} : 2.$            |
| Idocrase;          | $l : a :: \sqrt{7} : \sqrt{8}.$     |
| Meïonite;          | $l : a :: \sqrt{21} : 2.$           |
| Wernerite;         | $l : a :: \sqrt{8} : \sqrt{3}.$     |
| Mésotype;          | $l : a :: \sqrt{5} : 2.$            |
| Plomb chromaté;    | $l : a :: \sqrt{5} : 3.$            |
| Étain oxydé;       | $l : a :: 1 : 1 (1).$               |
| Titane oxydé;      | $l : a :: \sqrt{5} : \sqrt{6} (2).$ |

Différentes manières de changer ces prismes en octaédres.

De ces parallélipèdes on pourra obtenir différens octaédres, suivant les différentes lois de décroissemens de M. Haüy, que l'on emploiera pour les déduire.

Ainsi la loi  $B$  donnera un octaèdre dans lequel le rapport entre le sinus et le cosinus de l'incidence d'une face à l'axe est égal au rapport entre le côté de la base du parallélipède et sa hauteur. En effet, le côté de la base est le sinus, et la hauteur du prisme le cosinus de l'incidence; car la loi  $B$  désigne un plan secondaire passant par deux bords terminaux opposés, et l'axe de l'octaèdre est

(1) L'étain oxydé a pour forme primitive un cube, mais ce cube a plutôt les propriétés d'un parallélipède que celles du cube.

(2) M. Haüy (t. IV, p. 298, note) indique le rapport  $\sqrt{5} : \sqrt{12}$  entre un des côtés de l'angle droit de la base de la molécule intégrante, qui est un prisme triangulaire rectangle isocèle, et la hauteur du prisme, ce qui est la même chose que le rapport entre la demi-diagonale de la base de la forme primitive et la hauteur du prisme. Mais la demi-diagonale de la base est au côté de la base comme  $1 : \sqrt{5}$ ; donc le rapport entre  $l$  et  $a$  doit être  $1 : \sqrt{2} \sqrt{5} : \sqrt{10} :: \sqrt{5} : \sqrt{6}$ , ainsi qu'il est annoncé dans le tableau.

nécessairement

nécessairement perpendiculaire à la base du parallélipède.

La loi  $B$  donnera un octaèdre dont le plan passera par un des bords terminaux du parallélipède, et coupera la face opposée en deux parties égales. L'axe de l'octaèdre continuera d'être perpendiculaire à la base du prisme; et dans l'incidence d'un plan de l'octaèdre à l'axe, le sinus sera au cosinus comme le côté de la base du prisme est à sa demi-hauteur.

En employant la loi  $B$ , ce même rapport serait comme le demi-côté de la base est à la hauteur.

Mais si on fait dériver l'octaèdre primitif de la loi  $A$  sur le parallélipède, alors le plan de l'octaèdre sera parallèle au plan passant par la diagonale de la base et par l'angle solide opposé. Dans ce cas, le cosinus de l'incidence sera la hauteur du prisme; et le sinus, la demi-diagonale de la base ou le côté de la base multiplié par  $\sqrt{\frac{1}{2}}$ .

Si on adoptait la loi  $A$ , le sinus d'incidence d'un plan de l'octaèdre à l'axe serait au cosinus comme la diagonale de la base du prisme, ou comme le côté de cette base multiplié par  $\sqrt{2}$ , est à la hauteur du prisme.

Nouveaux rapports pour les octaédres droits à base carrée.

Cela posé, réunissons dans un même tableau les valeurs des sinus et cosinus de l'incidence d'un plan à l'axe, non-seulement des octaédres à bases carrées que M. Haüy a adoptés pour formes primitives, mais aussi de ces octaédres semblables déduits des formes primitives prismatiques à bases carrées, d'après les règles que

Volume 29.

B b

nous venons d'indiquer, et que nous avons reconnus pouvoir être placés aussi au rang des formes primitives. Ajoutons aussi l'expression des valeurs analogues pour l'octaèdre régulier.

Tableau des octaèdres à pyramides droites à base carrée.

|                                            |     |     |    |             |   |                            |
|--------------------------------------------|-----|-----|----|-------------|---|----------------------------|
| Octaèdre régulier de la géométrie. . . . . | sin | cos | :: | 1           | ∴ | $\sqrt{2}$                 |
| Zircon. . . . .                            | sin | cos | :: | 3           | ∴ | $\sqrt{7}$                 |
| Anatase. . . . .                           | sin | cos | :: | $\sqrt{2}$  | ∴ | $\sqrt{13}$                |
| Harmotome. . . . .                         | sin | cos | :: | 3           | ∴ | $\sqrt{8}$                 |
| Mellite. . . . .                           | sin | cos | :: | $\sqrt{8}$  | ∴ | $\sqrt{9} :: \sqrt{8} : 3$ |
| Plomb molybdaté. . . . .                   | sin | cos | :: | $\sqrt{8}$  | ∴ | $\sqrt{5}$                 |
| Magnésie sulfatée (1). . . . .             | sin | cos | :: | $\sqrt{6}$  | ∴ | $2 :: \sqrt{3} : \sqrt{2}$ |
| Idocrase (2). . . . .                      | sin | cos | :: | $\sqrt{7}$  | ∴ | 2                          |
| Meionite (3). . . . .                      | sin | cos | :: | $\sqrt{21}$ | ∴ | $\sqrt{8}$                 |
| Wernerite (4). . . . .                     | sin | cos | :: | $\sqrt{8}$  | ∴ | $\sqrt{3}$                 |
| Mésotype (5). . . . .                      | sin | cos | :: | $\sqrt{5}$  | ∴ | 1                          |

(1) Dans la magnésie sulfatée notre octaèdre se compose des plans  $n$  et  $l$  (Haüy, *pl. 37, fig. 133*), ils proviennent du décroissement  $\frac{1}{2}$   $\bar{B}$  ou  $\bar{C}$ .

(2) Pour l'idocrase l'octaèdre primitif me paraît être composé des faces  $c$  (Haüy, *pl. 47, fig. 70*), qui proviennent du décroissement  $\frac{1}{2}$ . Donc  $\sin : \cos :: \sqrt{7} \sqrt{2} : \sqrt{8} :: \sqrt{7} : 2$ . — Si on préférerait le composer des faces  $O$  (*fig. 72*) dont le signe est  $\bar{B}$ , on aurait  $\sin : \cos :: \sqrt{7} : \sqrt{2}$ .

(3) L'octaèdre primitif de la meionite est certainement formé des faces  $l$  (Haüy, *pl. 48, fig. 76*), dont le signe est  $\bar{A}$ . Donc  $\sin : \cos :: \sqrt{\frac{1}{2}} \times \sqrt{21} : 2 :: \sqrt{\frac{1}{2}} : 2 :: \sqrt{21} : \sqrt{8}$ .

(4) Le plan primitif du Wernerite est le plan  $o$  (*fig. 166, pl. 57, Haüy*), dont le signe est  $\bar{B}$ .

(5) Pour la mésotype nous avons supposé l'octaèdre composé des faces  $o$  (Haüy, *pl. 58, fig. 174*), dont le signe est  $\bar{B}$ . Si on préfère-

|                             |     |     |    |            |   |             |
|-----------------------------|-----|-----|----|------------|---|-------------|
| Plomb chromaté (1). . . . . | sin | cos | :: | $\sqrt{5}$ | ∴ | 3           |
| Etain oxydé (2). . . . .    | sin | cos | :: | $\sqrt{2}$ | ∴ | 1           |
| Titane oxydé (3). . . . .   | sin | cos | :: | $\sqrt{5}$ | ∴ | $\sqrt{12}$ |
| Paranthine (4). . . . .     | sin | cos | :: | $\sqrt{3}$ | ∴ | 1           |

Nous verrons plus bas que le schéelin ferruginé ou wolfram a aussi une forme primitive du même genre que celles ci-dessus, et que son sinus est à son cosinus ::  $\sqrt{3} : 2$ .

On voit dans le tableau précédent un nouvel exemple des inversions réciproques entre deux formes, c'est entre le mellite et l'harmotome. Comparant ensuite ce tableau avec celui que nous avons donné pour les rhomboèdres, on voit dans celui-ci le rapport entre le sinus et le cosinus, pour le quartz, reparaître dans l'autre,

Observations sur ce tableau.

rait celui composé des faces  $S$  (*fig. 175*), dont le signe est  $\bar{A}$ , on aurait:

$$\sin : \cos :: \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{2}} \times \sqrt{5} : 2 :: \sqrt{9 \times 5} : 2 :: \sqrt{45} : \sqrt{32}.$$

(1) Dans le plomb chromaté les faces  $r$  (*pl. 67, fig. 40*), provenant de la loi  $\bar{B}$ , paraissent être celles de l'octaèdre primitif.

(2) L'étain oxydé, d'après un examen de tout son système de cristallisation, me paraît avoir pour faces primitives les faces  $o$  (*pl. 80, fig. 179*), leur signe est  $\bar{A}$ , d'où il résulte que

$$\sin : \cos :: \sqrt{2} \times 1 : 1 :: \sqrt{2} : 1.$$

— Si l'on préférerait l'octaèdre formé des faces  $s$  (*fig. 177*) dont le signe est  $\bar{B}$ , on aurait  $\sin : \cos :: 1 : 1$ . Ces faces  $s$  sont celles d'un dodécèdre rhomboïdal régulier; et les faces  $o$  celle du solide à 24 faces trapézoïdales.

(3) Dans le titane oxydé nous avons choisi pour face primitive le plan  $s m n u$  (*pl. 84, fig. 222*), dont le signe est  $\bar{A}$ , donc

$$\sin : \cos :: \sqrt{\frac{1}{2}} \times \sqrt{5} : \sqrt{6} :: \sqrt{\frac{1}{2}} : \sqrt{6} :: \sqrt{5} : \sqrt{12}.$$

(4) Le caractère géométrique de la paranthine est fondé sur des observations récentes de M. Haüy.

mais en sens inverse, pour le plomb molybdaté, de sorte que les angles d'incidence à l'axe dans ces deux espèces sont complémentaires l'un de l'autre; et si au contraire on compare tous les autres rapports d'un des tableaux avec ceux de l'autre, il est remarquable qu'ils n'ont aucune analogie au moins pour la plupart, car il est assez inutile de faire observer l'identité du rapport du titane oxydé avec celui du corindon, non plus que d'autres ressemblances plus éloignées que l'on pourrait trouver, attendu que la plupart de ces caractères géométriques sont encore peu certains.

Valens  
des lignes  
et angles  
dans les oc-  
taèdres à  
base car-  
rée.

Ayant déterminé le caractère des octaèdres à base carrée par le rapport entre le sinus et le cosinus de l'incidence de son plan à l'axe, il sera facile de trouver, au moyen de ce rapport, la valeur des autres lignes et angles de ce genre d'octaèdre, et ses différentes propriétés.

Lignes.

Soit  $r$  le rayon de l'angle d'incidence ou la perpendiculaire abaissée du sommet d'un plan sur le côté de sa base. Soit  $s$  le sinus,  $c$  le cosinus,  $m$  le bord terminal,  $L$  le côté de la base; enfin soit  $d$  la demi-diagonale de la base ou la ligne menée du centre de la base à un angle. Nous aurons  $s = \frac{1}{2} L$  ou  $L = 2s$ .

$$r = \sqrt{s^2 + c^2}.$$

$$m = \sqrt{r^2 + \frac{1}{2}L^2} = \sqrt{2s^2 + c^2}$$

$$d = \sqrt{2} \times s$$

$$\text{l'axe} = 2c.$$

On voit que toutes les lignes principales de l'octaèdre sont exprimées d'une manière très-simple.

Angles li-  
néaires.

Occupons-nous des angles, et d'abord des

angles linéaires. Dans la moitié de l'angle terminal ou l'angle au sommet, on a :

$$\sin : \cos :: \frac{1}{2} L : r :: s : \sqrt{s^2 + c^2}.$$

De là on peut conclure tous les autres angles linéaires.

Passons aux angles d'incidences. Nous avons dit que le rapport entre le sinus et le cosinus de l'angle d'incidence d'un plan à l'axe était  $s : c$ . Appelons cet angle  $i$ .

Angles  
plans.

Il est évident que l'angle que forme un plan avec son opposé dans la même pyramide =  $2i$ , et que l'angle de ce même plan avec le plan adjacent dans l'autre pyramide =  $180^\circ - 2i$ .

Angle en-  
tre deux  
plans oppo-  
sés au mê-  
me som-  
met.

On conçoit facilement que dans cet angle le sinus et le cosinus de la moitié sont entre eux  $:: c : s$ .

Angle en-  
tre deux  
plans adja-  
cens dans  
les deux py-  
ramides.

Déterminons enfin l'angle entre deux plans adjacens dans une même pyramide, se coupant sur un bord terminal, il faut trouver le sinus, le cosinus, et le rayon de la moitié de cet angle. Nous suivrons une marche analogue à celle que nous avons employée pour les rhomboèdres.

Angle en-  
tre deux  
plans adja-  
cens dans la  
même pyra-  
mide.

Soit  $\epsilon$  le rayon ou la perpendiculaire abaissée du milieu de la base sur le bord terminal. Cette ligne partagera le triangle rectangle qui est la moitié du plan primitif entre deux autres triangles rectangles semblables au premier. On aura donc  $m : r :: \frac{1}{2} L : \epsilon$  ou  $m : r :: s : \epsilon$ , donc  $\epsilon = \frac{s \times r}{m}$ , et

Le rayon.

substituant les valeurs de  $r$  et de  $m$ ,  $\epsilon = \frac{s \times \sqrt{s^2 + c^2}}{\sqrt{2s^2 + c^2}}$

$$\text{ou enfin, } \epsilon = \frac{\sqrt{s^4 + c^2 s^2}}{2s^2 + c^2}$$

Le sinus.

Soit  $\sigma$  le sinus; le rayon étant  $g$ , le sinus devra être la moitié de la demi-diagonale de la base, ou le quart de la diagonale entière; donc

$$\sigma = \frac{d}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{2} \times s = \sqrt{\frac{1}{2}} s.$$

Appelons  $\mu$  et  $\mu'$  les deux parties dans lesquelles le bord terminal  $m$  se trouve divisé par le rayon  $g$ . Nous aurons  $\mu = \frac{(\frac{1}{2}l)^2}{m} = \frac{s^2}{\sqrt{2s^2+c^2}}$

$$\text{et } \mu' = \frac{r^2}{m} = \frac{s^2+c^2}{\sqrt{2s^2+c^2}}.$$

De même la demi-diagonale  $d$  est divisée en deux parties par le sinus  $\sigma$ , et ces parties sont égales; donc chacune  $= \frac{d}{2} = \sqrt{\frac{1}{2}} s$ .

Le cosinus.

Soit maintenant  $\chi$  le cosinus, nous avons deux moyens de la calculer, et l'un et l'autre doivent donner la même valeur, car le petit triangle rectangle composé des lignes  $\mu$ ,  $\chi$  et  $\frac{d}{2}$   $\chi$  étant semblable au grand triangle rectangle formé par les lignes  $d$ ,  $c$  et  $m$ , on a cette proportion  $m : c :: \frac{d}{2} : \chi$ , d'où l'on tire cette équation :

$$\chi = \frac{c d}{2 m} = \frac{c \sqrt{2} s}{2 \sqrt{2 s^2 + c^2}} = \frac{c s}{\sqrt{4 s^2 + 2 c^2}}; \text{ si on avait pris}$$

cette autre proportion  $d : c :: \mu : \chi$ , on aurait eu  $\chi = \frac{c \mu}{d} = \frac{c s^2}{\sqrt{2 s^2 + c^2} \times \sqrt{2} s} = \frac{c s}{\sqrt{4 s^2 + 2 c^2}}$  qui est la même valeur.

Rapport général.

$$\text{Donc } \sigma : \chi : g :: \sqrt{\frac{1}{2}} s : \frac{c s}{\sqrt{4 s^2 + 2 c^2}} : \frac{\sqrt{s^2 + c^2} s}{2 s^2 + c^2} :: \\ 1 : \frac{c}{\sqrt{2 s^2 + c^2}} : \sqrt{\frac{2 s^2 + 2 c^2}{2 s^2 + c^2}} :: \sqrt{2 s^2 + c^2} : c : \sqrt{2 s^2 + 2 c^2} :: m : c : \sqrt{2} r.$$

Si nos lecteurs se rappellent les expressions que nous avons déterminées pour les angles analogues dans les rhomboèdres et les dodécaèdres birhomboides, ils pourront remarquer ici, avec quelque intérêt, une propriété des octaèdres droits à base carrée, analogue à celle que nous avons trouvée pour ces autres formes; en effet, il résulte du calcul précédent, que dans ce genre d'octaèdres, le sinus et le cosinus de la moitié de l'angle d'incidence entre deux plans adjacens contigus au même sommet, sont entre eux, comme le bord terminal est à la moitié de l'axe, le rayon étant la perpendiculaire abaissée du sommet sur le côté de la base, multipliée par  $\sqrt{2}$ .

Nous continuerons l'examen des autres formes cristallines dans une suite de ce Mémoire que nous nous proposons de publier (1).

(1) Cette suite du Mémoire de M. Weiss paraîtra dans le prochain Numéro.

Nous y ajouterons une table des matières, et une table alphabétique des espèces minérales dont M. Weiss a déterminé le caractère géométrique principal.

Propriété de ces octaèdres analogues à celle des rhomboèdres.

## DE LA PLATINURE ET DU DOUBLÉ,

OU

## PLAQUÉ DE PLATINE (1);

Par M. GUYTON-MORVEAU.

L'APPLICATION du platine sur d'autres métaux moins précieux pour les défendre de l'oxydation, paraît devoir être considérée sous deux points de vue, ou comme deux arts différens; le premier, qui portera le nom de *platinure*, comme on dit dorure, argenture; le second sous celui de *plaqué* que l'usage a approprié à une application moins superficielle, et qui exige des procédés différens.

*De la Platinure.*

La platinure s'exécutera comme la dorure, soit par l'intermède du mercure, soit par la dissolution du muriate de platine dans l'éther.

## I.

Il y a long-tems que j'ai fait connaître la possibilité de former un amalgame de platine, et décrit les procédés pour l'obtenir (2).

M. Proust, dans une lettre adressée à M. Vanquelin, et insérée dans les *Annales de Chimie* du 30 pluviôse an 12 (février 1804), a annoncé que « le mercure chaud versé sur l'éponge qui

(1) Cet article est extrait des *Annales de Chimie*.

(2) *Annales de Chimie*, janvier 1798, tom. XXV, pag. 14 et suiv.

reste après la calcination du muriate de platine ammoniacal la dissout parfaitement, et qu'il en résulte un amalgame gras qui ne s'endurcit pas par le tems, qui s'étend bien sur le cuivre, l'or et l'argent, et qui pourrait faciliter le *plaqué* du premier ».

On voit dans la note qui termine ce passage, que MM. Fourcroy et Vanquelin ont aussi fait cette amalgamation par le même procédé; qu'ils l'ont opéré même à froid, et qu'après être restée liquide pendant quelque tems, elle était devenue très-solide; effet que l'on pouvait rendre plus prompt par l'application d'une douce chaleur.

Enfin, M. Hatchett a publié, dans le *Journal de Nickolson*, d'octobre 1804, une lettre dans laquelle le comte Mussin-Puschin lui donnait les détails des procédés d'amalgamation, par lesquels il faisait passer le platine pour le rendre parfaitement malléable (1).

On ne peut donc, aujourd'hui, mettre en doute l'union du platine au mercure, par des opérations simples, peu dispendieuses, et dans le degré de consistance convenable pour former une application solide du métal fixe; mais il ne paraît pas qu'on ait jusqu'ici publié, avec quelques détails, les procédés de ce nouvel art; ce qui m'engage à faire connaître ceux que

(1) L'amalgame, préparé également avec le platine précipité par l'ammoniaque et porté à un certain degré de consistance, M. Mussin-Puschin le presse fortement dans un cylindre de bois par le moyen d'une vis; il brûle le cylindre sur le charbon, pousse le feu au rouge blanc, et le platine peut être forgé.

M. Tromsdorff a décrit dans le tom. VII de son *Journal*, d'après la communication que lui en avait donnée M. Strauss (1).

On présente le platine au mercure dans l'état de division où il se trouve, lorsqu'après avoir été précipité de sa dissolution par le muriate d'ammoniaque, on l'a ramené à l'état métallique, en le tenant une demi-heure à un grand feu dans un creuset couvert. Le platine n'a alors que l'apparence d'une poudre grise agglomérée. Si on le mêle à trois parties de mercure, la trituration ne donne encore qu'une combinaison imparfaite; mais en ajoutant deux autres parties de mercure, et chauffant légèrement le mortier, on obtient bientôt un amalgame dur, que l'on ramollit par une nouvelle addition de deux parties de mercure.

Le cuivre dont on a frotté la surface avec cet amalgame, de manière à la couvrir complètement, étant exposé au feu, prend une couverture de platine. On enduit ensuite le cuivre d'un mélange d'amalgame et de craie, arrosé d'un peu d'eau; on l'expose de nouveau au feu, et la couverture est alors parfaite. Elle prend sous le brunissoir la couleur brillante de l'argent.

L'auteur assure que cette opération n'est pas plus difficile que l'étamage ordinaire. Pour donner une idée des avantages que l'on peut s'en promettre, soit pour la durée, soit pour la salubrité; il suffit de rappeler la différence de dureté du platine, son infusibilité et son inal-

(1) Voyez aussi le *Journal de Nickolson*, tom. IX.

térabilité par les substances salines et acides employées dans la préparation des alimens.

## I I.

Une autre espèce de platinure qui paraît convenir particulièrement aux mêmes ouvrages de fer ou d'acier poli, pour les défendre de la rouille, est celle qui résulte de l'application du platine à leur surface par le moyen de l'éther.

On sait qu'en couvrant d'éther sulfurique une dissolution d'or par l'acide nitro-muriatique, et agitant les deux liqueurs, l'éther enlève l'or à l'acide, prend une couleur jaune et devient capable de produire une véritable dorure, lorsqu'on l'applique à la surface d'un autre métal.

Le célèbre Lewis avait annoncé que le platine se refusait à cette union. M. Stodard a pensé que s'il n'était pas parvenu à décomposer le muriate de platine par l'éther, c'était probablement parce que le platine qu'il avait employé était impur; et il a publié dans le *Journal de Nickolson* (1) le procédé qui lui a réussi, et qui lui paraît devoir servir à couvrir les métaux facilement oxydables, aussi avantageusement que la dorure par l'éther.

Le platine, dit-il, est enlevé par l'éther à sa dissolution au moyen de l'agitation, quoique moins avidement que l'or. La dissolution éthérée est d'un beau jaune paille, elle ne laisse aucune tache sur la main, elle est précipitée par l'ammoniaque, et probablement en état fulminant, ce qu'il n'a pas examiné; elle donne à l'acier une couverture d'un blanc mat. Elle

(1) Tom. XI, pag. 282.

couvre également le fer et le cuivre, dont on a poli les surfaces. Il l'a employé alternativement avec l'éther tenant or pour couvrir diverses parties des mêmes instrumens, et il a remarqué que l'apposition des couleurs produisait un très-bel effet (1).

*Du doublé, ou plaqué de platine.*

On voit par ce qui précède, que l'art de la *platinure* ne présente pas plus de difficulté que celui de la dorure, et qu'il aura, à peu près au même degré, l'avantage de préserver de la rouille les métaux qui en sont les plus susceptibles. Mais on ne peut se dissimuler en même-temps qu'une aussi mince couverture est loin de promettre une aussi grande solidité que ce que l'on nomme *le plaqué*, surtout pour les vaisseaux et instrumens que leur destination expose continuellement à l'action du feu, ou même à des frottemens réitérés.

Je ne sache pas que le plaqué de platine ait encore été exécuté en grand. Mais il y a toute apparence qu'il réussirait aussi bien et par les mêmes procédés, bien connus, du plaqué d'or et d'argent. J'en ai pour preuve un petit vase en forme de coupe de cuiller, qui m'a été donné, il y a une quinzaine d'année, par M. le professeur Chabaneau, à son retour d'Espagne, où il a le premier introduit dans ses cours les principes de la chimie moderne (2).

(1) On pourrait tirer parti de cette opposition de couleurs pour produire une sorte de damasquinure sur des pièces de bijouterie.

(2) *Elementos de Ciencias naturales*, etc. Madrid, 1790.

Cette coupe de 75 millimètres de longueur, sur 52 de largeur, et de 14 de profondeur, est de cuivre doublé intérieurement de platine. L'épaisseur de ses bords est de 0,78 millimètres; son poids de 345,05 décigrammes, et sa pesanteur spécifique de 11,44.

Comme il n'y a ici que juxtaposition des métaux, qui ne peut produire ni augmentation ni diminution de densité, on peut déterminer avec précision leurs proportions respectives, d'après la pesanteur spécifique; et en portant celle du platine à 21, celle du cuivre à 8,87, on trouve par le calcul qu'il entre dans la composition de ce vase :

|                  |       |
|------------------|-------|
| Cuivre. . . . .  | 0,766 |
| Platine. . . . . | 0,234 |

Ainsi le métal doublant est d'un peu plus du cinquième; c'est-à-dire, dans la proportion la plus ordinaire du plaqué d'argent, dont l'usage a fait connaître la solidité; quoique les propriétés de ce métal, pour résister à l'action de la chaleur et des substances salines, soient très-inférieures à celles du platine.

---

A N N O N C E S

*C O N C E R N A N T les Mines, les Sciences et  
les Arts.*

---

JOURNAL MINÉRALOGIQUE AMÉRICAIN (1).

CE Journal, qui est rédigé par un savant distingué, M. Archibald Bruce, Professeur de Minéralogie à l'Université de l'Etat de New-Yorck, est destiné à donner une connaissance exacte et détaillée de tout ce qui a rapport à la Géologie et à la Minéralogie des Etats-Unis. La table suivante des articles que renferme le premier cahier pourra, mieux que tout ce que nous dirions ici, faire connaître l'esprit dans lequel est rédigé l'intéressant Recueil que nous annonçons.

*Articles contenus dans le premier cahier du Journal  
Minéralogique Américain.*

- MITCHELL, Catalogue descriptif des substances minérales trouvées dans l'étendue des Etats Unis.  
 GIBBS, sur les Usines à fer de Franconia dans le New-Hampshire.  
 MEAD, Description et Analyse d'un minéral de plomb de la Louisiane.  
 AKERLY, Description géologique du comté de Dutchess dans l'Etat de New-Yorck.  
 CHILTON, Description et Analyse d'un spath pesant de New-Jersey.  
 GIBBS, Notice minéralogique sur la Montagne de West-River dans le Connecticut.
- 

(1) Le *Journal Minéralogique Américain* paraît de trois mois en trois mois, par cahier de format in-8°, et d'une belle impression. Le premier numéro a été publié en avril 1810.

- GRISCOM, Analyse des eaux minérales de Litchfield dans l'Etat de New-Yorck.  
 BRUCE, sur la Magnésie pure native de New Jersey.  
 GODON, Notice minéralogique sur un phosphate de chaux et un phosphate de plomb de Pensylvanie.  
 WISTER, Description d'une mélanite de Pensylvanie, et d'un succin de New-Jersey.  
 BRUCE, Notice minéralogique sur les fluates de chaux trouvés en Amérique. (Voyez la note, p. 400.)

*Annonces et Extraits de divers Journaux anglais.*

- Récherches sur les caractères chimiques et les propriétés de la houille de Rhode-Island.  
 Expériences sur le *Palladium* trouvé dans un lingot d'or.  
 Questions proposées par la Société géologique de Londres.  
 Note sur la Minéralogie du Brésil.  
 Notice sur le nouveau métal appelé *Columbium*.  
 Notice relative à la Société Linnéenne de Philadelphie.  
 Annonce de la mort de M. Greville, avec une Notice sur cet illustre savant.  
 Expériences chimiques qui prouvent l'identité du *columbium* et du *tantalum*, par Wollaston (1).

La note qui suit est l'extrait de l'un des articles dont il vient d'être question. Nous ferons connaître, dans nos prochains Numéros, et aussi par extrait, ceux des autres articles, de ce même cahier, qui nous ont paru susceptibles de fixer plus particulièrement l'attention de nos lecteurs; et nous en userons ainsi à l'égard des cahiers suivans, à mesure qu'ils nous parviendront.

---

(1) Nous avons déjà publié le résultat de ces expériences. (Voyez le *Journal des Mines*, tom. 28, n°. 165, pag. 235 et suivantes.)

## NOTE SUR LES FLUATES DE CHAUX

TROUVÉS EN AMÉRIQUE.

On avait pensé jusqu'à présent que le fluaté de chaux ne se trouvait point dans l'Amérique septentrionale, où il est en effet très-rare ; mais on en a trouvé néanmoins quelques échantillons dans les localités ci-après indiquées.

Dans l'Etat du *New-Jersey*, près de Franklin-Fornace, comté de Sussex, on trouve du fluaté de chaux de couleur pourpre, depuis la teinte la plus légère jusqu'à la plus foncée ; il est disséminé dans une pierre calcaire, avec du mica cristallisé et du carbure de fer (ou plombagine).

La même variété de fluaté de chaux se rencontre près de Pompton, à deux milles de Hamburg, même comté de Sussex, dans un filon de plusieurs pieds d'épaisseur, composé de quartz gris et de feldspath blanchâtre, dont la direction est du Nord-Est au Sud-Ouest.

Il y a dans le *Connecticut* du fluaté de chaux cristallisé en cubes de couleur violette, verte et jaune, et de toutes les teintes de ces différentes couleurs ; tantôt diaphane et tantôt seulement demi-transparent. Il se trouve près de Middletown, dans un filon qui contient en même tems du quartz cristallisé, du spath calcaire, et des sulfures de plomb, de zinc et de fer.

Enfin, dans le *New-Hampshire*, M. le Colonel Gibbs a découvert un fluaté de chaux de couleur verte, semblable d'ailleurs aux variétés précédentes ; il était dans des fragmens de roche détachés, près de Rosebrook's-Gap, dans les montagnes Blanches.

## JOURNAL DES MINES.

N<sup>o</sup>. 174. JUIN 1811.

## AVERTISSEMENT.

Toutes les personnes qui ont participé jusqu'à présent, ou qui voudraient participer par la suite, au *Journal des Mines*, soit par leur correspondance, soit par l'envoi de Mémoires et Ouvrages relatifs à la Minéralogie et aux diverses Sciences qui se rapportent à l'Art des Mines et qui tendent à son perfectionnement, sont invitées à faire parvenir leurs Lettres et Mémoires, sous le couvert de M. le Comte LAUMOND, Conseiller d'Etat, Directeur-général des Mines, à M. Gillet-Laumont, Inspecteur-général des Mines. Cet Inspecteur est particulièrement chargé, avec M. Tremery, Ingénieur des Mines, du travail à présenter à M. le Directeur-général, sur le choix des Mémoires, soit scientifiques, soit administratifs, qui doivent entrer dans la composition du *Journal des Mines* ; et sur tout ce qui concerne la publication de cet Ouvrage.

## FIN DU MÉMOIRE

Sur la Détermination du Caractère géométrique principal des formes cristallines. (Voyez le n<sup>o</sup>. 173, p. 349) ;

Par CHR. SAM. WEISS. in-4<sup>o</sup>. Leipsic, 1809.

Traduit par M. BROCHANT DE VILLIERS, Ingénieur en chef au Corps impérial des Mines.

V. Des octaèdres à pyramides droites à base rectangle allongée.

Nous avons traité jusqu'à présent du caractère géométrique principal des rhomboèdres et des dodécaèdres qui en dérivent, ainsi que  
Volume 29. C c

des octaèdres à pyramides droites à base carrée, ou de ces octaèdres dont tous les plans sont également inclinés à l'axe. Nous allons maintenant nous occuper des octaèdres à base rectangle oblongue, les pyramides étant toujours droites. Ces pyramides sont composées de quatre plans qui sont analogues deux à deux, de manière que deux plans opposés dans la même pyramide, sont également inclinés à l'axe, tandis que les plans adjacens ont une autre inclinaison.

Octaèdre à base rectangle oblongue d'après M. Haüy.

M. Haüy a placé des octaèdres à base oblongue parmi ses formes primitives, et il emploie pour les définir des indications géométriques qui sont parfaitement conformes à nos idées. En effet, ce savant célèbre détermine le caractère géométrique de ces formes par un double rapport entre la hauteur de la pyramide, et les deux perpendiculaires menées du centre sur les deux côtés de sa base; ce qui n'est autre chose que les deux rapports entre les sinus et cosinus des deux incidences à l'axe; car il est évident que la hauteur de la pyramide est le cosinus commun des deux incidences, et que les perpendiculaires menées du centre sur les deux côtés de la base, sont les sinus de ces deux incidences.

Trois des formes primitives admises par M. Haüy dans son grand Traité, sont des octaèdres à base oblongue; ce sont celles de la potasse nitratée du plomb carbonaté et du plomb sulfaté. On peut y ajouter encore celle de l'arragonite, d'après un mémoire postérieur que ce savant illustre a publié dans les *Annales du Muséum d'Histoire naturelle*. La forme pri-

mitive du zinc oxydé rentre aussi dans cette même classe d'octaèdres; mais comme les cristaux de cette substance ne sont pas encore assez rigoureusement déterminés, nous ne nous en occuperons pas; et nous en agirons de même par rapport à plusieurs nouvelles substances qui sont aussi dans le même cas.

Si on nomme  $a$  la hauteur, et  $p$  et  $p'$  les deux perpendiculaires du centre sur les côtés de la base, on aura pour les quatre espèces que nous avons indiquées, la table suivante, dont plusieurs rapports sont remarquables par leur grande simplicité.

Leurs caractères géométriques.

Potasse nitratée. . .  $a : p :: \sqrt{32} : \sqrt{15}$ ;  $a : p' :: \sqrt{3} : 1$ .

Plomb carbonaté. . .  $a : p : p' :: \sqrt{8} : \sqrt{3} : 2$ .

Plomb sulfaté. . .  $a : p : p' :: \sqrt{3} : \sqrt{3} : 1$ .

Arragonite. . . .  $a : p : p' :: \sqrt{46} : \sqrt{18} : \sqrt{23}$ .

Nous allons maintenant associer à ce tableau plus d'un genre de parallépipède. D'abord les prismes à quatre faces droites à angles latéraux obliques, et à faces latérales égales, ou les prismes à base rhombe perpendiculaire sur les faces latérales.

Il faut rapporter les prismes droits à base rhombe à ces octaèdres.

En effet, si l'on suppose, outre les faces latérales du prisme, deux autres plans naissant sur deux angles opposés, de la base, obtus ou aigus, comme seraient les plans secondaires provenant des lois  $A$  ou  $E$ , on aura un octaèdre à pyramides droites et à base oblongue, l'axe passera par deux bords latéraux opposés du prisme obtus ou aigus, et la base commune des deux pyramides passera par les bords du prisme restés intacts.

Caractères  
géométriques de ces  
prismes  
d'après  
M. Haüy.

M. Haüy, pour déterminer le caractère principal de ces prismes rhomboïdaux emploie ordinairement le rapport entre les deux diagonales du rhombe de la base et la hauteur du prisme. Quelquefois cependant il a préféré d'autres rapports. Nommant la plus grande diagonale du rhombe  $D$ , la plus petite  $d$  et la hauteur  $a$ . Voici les rapports que donne M. Haüy :

Baryte sulfatée,  $D : d :: \sqrt{3} : \sqrt{2}$ ; et  $\frac{1}{2} d : a :: 2 : \sqrt{7}$ ;  
donc  $\frac{1}{2} D : \frac{1}{2} d : a :: \sqrt{3} : \sqrt{2} : \sqrt{\frac{21}{4}} :: \sqrt{12} : \sqrt{8} : \sqrt{21}$ ;  
Strontiane sulfatée,  $\frac{1}{2} D : \frac{1}{2} d : a :: 9 : 4\sqrt{3} : 8\sqrt{2}$ ;  
donc on a  $D : d :: 3\sqrt{3} : 4$ ; et  $\frac{1}{2} d : a :: \sqrt{3} : \sqrt{8}$ .  
Staurotide,  $D : d :: 3 : \sqrt{2}$ ;  $D : a :: 6 : 1$ ;  
donc on a  $D : d : a :: 3 : \sqrt{2} : \frac{1}{2} :: 6 : \sqrt{8} : 1$ .  
Fer arsenical,  $D : d :: \sqrt{8} : \sqrt{5}$ ;  $D : a :: 3 : 2$ ;  
donc on a  $D : d : a :: \sqrt{8} : \sqrt{5} : \sqrt{\frac{12}{9}} :: \sqrt{72} : \sqrt{45} : \sqrt{32}$ .  
Titanesilicéo-calcaire,  $\frac{D}{2} : \frac{d}{2} : a :: \sqrt{32} : \sqrt{5} : \sqrt{15}$ ;  
ce qui donne  $D : d :: \sqrt{32} : \sqrt{5}$ ; et  $d : a :: 2 : \sqrt{3}$ .

Observations sur la topaze.

Pour la topaze, M. Haüy a employé d'autres rapports; d'abord celui entre la perpendiculaire menée d'un angle obtus de la base sur le côté opposé, et la moitié de la grande diagonale de cette base qui est un rhombe; il a trouvé ce rapport  $:: 14 : 15$ . Ensuite il a établi que la hauteur du prisme était moyenne porportionnelle entre le double de cette perpendiculaire ci-dessus, et la grande diagonale de la base. Ce qui donne  $2 \text{ perp.} : a :: a : D$ , appelant  $P$  cette perpendiculaire, nous aurons dans la topaze,  $P : D : a :: 14 : 2 \times 15 : \sqrt{840}$ ; ou  $:: 7 : 15 : \sqrt{210}$ . D'où l'on peut tirer la valeur du rap-

port  $D : d$  (1); on trouvera  $D : d :: 15 : \sqrt{\frac{105}{176}}$   
ou  $:: 1 : \sqrt{\frac{7}{176}} :: \sqrt{176} : 7$  (2); mais le rapport  $D : a :: 15 : \sqrt{210}$  peut se changer en  $D : a :: \sqrt{15} : \sqrt{14}$ . On a donc  $D : d :: \sqrt{176} : 7$ , et  $D : a :: \sqrt{15} : \sqrt{14}$ ; et en réunissant les rapports en un seul,  $D : d : a :: \sqrt{176 \times 15} : 7\sqrt{15} : \sqrt{176 \times 14}$ ; donc  $D : d : a :: \sqrt{2640} : \sqrt{735} : \sqrt{2464}$ .

(1) L'auteur ne dit point la manière dont il trouve la valeur de  $d$ ; mais on peut y parvenir par cette équation  $\frac{Dd}{2} = P \times$  par le côté du rhombe dont chacun des membres est l'expression de la surface du rhombe; substituant à la place du côté sa valeur  $\frac{1}{2} \sqrt{D^2 + d^2}$ , on a l'équation :

$$\frac{Dd}{2} = \frac{P}{2} \sqrt{D^2 + d^2}, \text{ d'où l'on tire } d = \frac{DP}{\sqrt{D^2 - P^2}}.$$

Cette même valeur est donnée par l'équation de M. Haüy

(t. I, p. 304),  $am = \sqrt{\frac{4g^2 p^2}{g^2 + p^2}} = P$ ; valeur de  $P$  dans laquelle  $g = \frac{1}{2} D$  et  $p = \frac{1}{2} d$ ; substituant ces valeurs, on aura  $P = \sqrt{\frac{D^2 d^2}{D^2 + d^2}}$ , d'où l'on tire, comme ci-dessus,

$$d = \frac{DP}{\sqrt{D^2 - P^2}}; \text{ et en substituant dans cette valeur celles}$$

de  $D = 15$ , et celle de  $P = 7$ , on trouve  $d = \frac{105}{\sqrt{176}}$ . (Note

du Traducteur.)

(2) On peut remarquer que ce rapport  $\sqrt{176} : 7$  est très-rapproché du rapport  $\sqrt{175} : 7 = \sqrt{25} : \sqrt{7} = 5 : \sqrt{7}$ ; on trouverait encore un autre rapport à substituer en mettant  $\sqrt{176} : \sqrt{48}$ , au lieu de  $\sqrt{176} : \sqrt{49}$ , ce qui est peu différent, et on a  $\sqrt{176} : \sqrt{48} :: \sqrt{11} : \sqrt{3}$ ; ou encore en admettant le rapport,  $\sqrt{175} : \sqrt{50} = \sqrt{7} : \sqrt{2}$ . (Note de l'Auteur.)

On voit donc que ces rapports géométriques que nous donnons pour la topaze, d'après les données de M. Haüy, sont infiniment moins simples que tous ceux que nous avons trouvés pour d'autres formes dans notre premier Mémoire, et dans celui-ci; et on ne doit pas s'en étonner. D'abord le rapport 14 : 15, peu simple par lui-même, a lieu entre deux lignes qui sont évidemment de deux ordres différens, et qui par conséquent ne sont liées entre elles que par un rapport pour ainsi dire dérivatif et non originaire. En outre, pour déterminer la hauteur, M. Haüy s'est fondé sur l'égalité de quelques angles secondaires; méthode qu'il a aussi employée pour déterminer la forme de la tourmaline. Mais cette méthode est sujette à erreur, et cet illustre auteur, qui l'avait bien prévu d'avance (t. II, p. 6), vient de le confirmer de nouveau, en annonçant que la similitude des angles secondaires qu'il avait cru reconnaître dans la tourmaline était fautive.

Dans un Mémoire publié récemment dans les *Annales du Muséum d'Histoire naturelle*, M. Haüy vient de changer la forme primitive de la topaze; il a substitué au prisme à base rhombe un octaèdre à base rectangle oblongue, mais il n'a rien changé aux dimensions géométriques dont il avait fait la base de cette cristallisation. Cette substitution peut ici très-bien servir d'exemple, pour prouver que ces changemens d'une forme primitive en prisme à base rhombe, en une autre en octaèdre à base oblongue, ne sont contraires ni à la méthode de M. Haüy, ni à la nature même de la chose.

Cependant, quoique la plupart des formes prismatiques de ce genre soient susceptibles de semblables substitutions, il ne faut pas croire qu'il n'y ait aucune exception; la forme du mica, par exemple, et quelques autres semblables, ne peuvent nullement être changées en octaèdres.

Outre ce genre de parallépipèdes à base rhombe dont nous venons de traiter, il y en a un autre qui peut également se rapporter aux octaèdres droits à base rectangle oblongue: ce sont les prismes droits à base rectangle oblongue. On voit d'abord facilement comment ces prismes peuvent être ramenés au premier genre de parallépipèdes; car si, par exemple, à un prisme droit à base rhombe on circonscrit un prisme rectangulaire de manière que les bords latéraux du premier se trouvent au milieu des faces latérales du second, il est évident que l'on pourra substituer ce dernier prisme au premier dans le calcul de ses formes cristallines. De même, si dans un prisme rectangle à base oblongue, on mène par les diagonales de sa base deux plans qui seront pour ainsi dire ses plans diagonaux, l'angle de ces deux plans entre eux sera le même que celui qui joint les faces du prisme rhomboïdal que l'on pourrait substituer à ce prisme rectangle; et ces formes ne sont pas les seules que l'on peut ainsi substituer l'une à l'autre: on peut varier beaucoup ces substitutions en changeant la loi par laquelle on passe d'une forme à l'autre, et par conséquent, obtenir plusieurs autres formes que l'on peut également employer. Mais puisque l'octaèdre à base rectangle oblongue peut, comme nous

Tous les prismes à base rhombe ne peuvent pas être changés en octaèdres.

Les prismes droits à base rectangle oblongue peuvent être changés en octaèdres du même genre.

l'avons vu, être substitué aux prismes droits à base rhombe, il est évident que nous pouvons également le substituer aux prismes droits à base rectangle oblongue. Les plans de ces octaèdres substitués devront provenir, deux à deux, sur ces prismes, de deux lois de décroissemens.

Caractères géométriques de ces prismes droits d'après M. Haüy.

M. Haüy a donné le caractère géométrique de ces prismes droits à base rectangle oblongue par le rapport des deux côtés de la base entre eux et avec la hauteur. Appelant  $l$  et  $l'$  ces deux côtés, et  $a$  la hauteur, voici les exemples que l'on trouve dans cet illustre auteur :

Cymophane,  $l : l' :: \sqrt{2} : 1$ ; et  $l : a :: \sqrt{3} : 1$ ;  
donc  $l : l' : a :: \sqrt{6} : \sqrt{3} : \sqrt{2}$ .

Euclase,  $l : l' : a :: \sqrt{5} : \sqrt{12} : \sqrt{8}$ ;  
ce qui donne  $l : a :: \sqrt{5} : \sqrt{8}$ ; et  $l' : a :: \sqrt{3} : \sqrt{2}$ .

Stilbite,  $l : l' : a :: \frac{5}{2} : 3 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$ , ou  $5 : \sqrt{72} : \sqrt{12}$ ;  
donc  $l : a :: 5 : 2\sqrt{3}$ ; et  $l' : a :: \sqrt{6} : 1$ .

Péridot,  $l : l' : a :: 5 : \sqrt{5} : \sqrt{8}$ ;  
d'où l'on tire  $l : a :: 5 : \sqrt{8}$ ; et  $l' : a :: \sqrt{5} : \sqrt{8}$ .

Schéelin ferruginé,  $l : l' : a :: 2 : \sqrt{3} : 2\sqrt{3}$ ;  
ce qui donne  $l : a :: 1 : \sqrt{3}$ ; et  $l' : a :: 1 : 2$ .

On y retrouve plusieurs fois le rapport du quartz  $\sqrt{5} : \sqrt{8}$ .

La plupart de ces formules sont d'une simplicité vraiment admirable; on peut remarquer encore que le rapport  $\sqrt{5} : \sqrt{8}$ , qui caractérise le quartz, s'y rencontre plusieurs fois. Nous parlerons plus bas de la manière de changer ces formes en octaèdres.

Certains prismes obliques à base rhombe peuvent être changés en octaèdres.

Il y a encore un troisième genre de parallélipèdes qui doit, ainsi que les deux précédens, être ramené aux octaèdres à base rectangle oblongue. Ce sont des prismes quadrangulaires obliques que M. Haüy admet parmi ses formes

primitives dont les faces sont égales et obliques entre elles, et la base un rhombe; ou des prismes rhomboïdaux dont la base est inclinée vers un bord latéral, de manière qu'elle est oblique aux faces, mais également oblique à deux faces adjacentes. Ces formes primitives ont en outre une propriété commune, en ce que une ligne menée d'un des angles solides plus obtus, ou de l'extrémité du bord latéral qui vient y aboutir, à l'angle solide plus obtus opposé, ou à l'extrémité opposé du bord latéral opposé, est à la fois perpendiculaire sur ces deux bords latéraux: d'où il suit que la loi de

décroissement  $A$  produit dans ces cristaux un plan secondaire absolument semblable en tout au plan primitif, et qu'en outre tous les autres plans secondaires qui se rapportent à la forme primitive ont aussi leurs semblables qui, bien qu'exprimés par des lois de décroissement très-différentes, ont cependant, avec le plan  $A$ , le même rapport que les premiers avec la base, et jouissent comme eux de propriétés géométriques absolument semblables. Mais je suis

complètement persuadé que ce plan  $A$  est aussi bien primitif que la base elle-même, et que l'un et l'autre ont absolument la même valeur et les mêmes rapports cristallographiques. Il n'y a aucune différence entre eux, tellement que lorsqu'on observe seulement l'un des deux, on ne peut jamais juger si c'est l'un ou l'autre. Or si l'on ajoute à ces parallélipèdes la face  $A$ , on obtiendra un octaèdre à base rectangle; si au contraire, dans un quelconque de nos oc-

taèdres à pyramide droite et à base rectangle, on supprimait deux plans opposés en prolongeant et augmentant les autres, ou en ajoutant sur chacun de ces plans supprimés un tétraèdre dérivé de l'octaèdre, on obtiendrait de cette manière un parallélipède jouissant de la propriété dont nous venons de parler : on voit donc que ce genre de parallélipède a un rapport évident avec nos octaèdres droits à base rectangle oblongue,

Quatre  
exemples  
de ces pris-  
mes cités  
par  
M. Haüy.

M. Haüy a donné quatre exemples de formes primitives jouissant de cette propriété, l'amphybole, le pyroxène, la grammatite et le nickel sulfaté. Il paraît aujourd'hui disposé, d'après l'avis de M. Cordier, à réunir la grammatite et l'amphybole, et à n'en plus former qu'une seule espèce. Néanmoins nous suivrons l'ancienne description de M. Haüy, et nous continuerons ici de considérer la grammatite comme une espèce distincte de l'amphybole.

Caractères  
géométri-  
ques dont il  
se sert.

Il a coutume de donner pour ces formes les indications géométriques suivantes ; d'abord le rapport entre le sinus et le cosinus de la moitié de l'incidence mutuelle des faces latérales ; et ensuite le rapport entre le bord latéral et cette perpendiculaire qui joint deux angles solides obtus opposés : mais cette perpendiculaire n'est autre chose qu'une des diagonales de la section transversale et horizontale du prisme ; c'est-à-dire, le double du cosinus de la moitié de l'incidence des faces, le rayon étant la largeur d'une face latérale.

Or, puisque le sinus et le cosinus de la moitié de l'incidence des faces latérales de l'octaèdre substitué sont égaux aux demi-diagonales de

la section transversale du prisme, le rapport entre ce sinus et ce cosinus doit être le même que celui entre ces diagonales. Par conséquent nous pouvons appeler  $D$  et  $d$  ces sinus et cosinus, et appeler  $a$  le bord latéral ; la perpendiculaire qui joint deux bords latéraux, par leurs extrémités opposées, sera ou  $D$  ou  $d$ , d'après ce que nous avons dit.

Pour le pyroxène, M. Haüy n'a pas donné le rapport entre le sinus et le cosinus de la moitié de l'angle formé par deux plans latéraux ; mais le rapport entre les deux diagonales du rhombe qui sert de base. Nous désignerons ces deux diagonales par  $d$  et  $d'$ . On a donc :

Amphibole,  $D : d :: \sqrt{29} : \sqrt{8}$  ; et  $d : a :: \sqrt{14} : 1$ ,

d'où l'on tire  $D : d : a :: \sqrt{203} : \sqrt{56} : 2$  ;

la base est inclinée vers le bord latéral *obtus*.

Pyroxène,  $d : d' :: 13 : 12$  ; et  $D : a :: \sqrt{3} : \frac{1}{2}$ , ou  $1 : \sqrt{12} : 1$ ,

d'où l'on conclut  $D : d :: \sqrt{13} : \sqrt{12}$  ;

la base est inclinée vers le bord latéral *aigu*.

Grammatite,  $D : d :: 2 : 1$  ; et  $d : a :: 7 : 2$ ,

d'où l'on tire  $D : d : a :: 14 : 7 : 2$  ;

la base est inclinée vers le bord latéral *obtus*.

Nickel sulfaté,  $D : d :: \sqrt{2} : 1$  ; et  $d : a :: 3 : 1$ ,

donc  $D : d : a :: \sqrt{18} : 3 : 1$  ;

la base est inclinée vers le bord latéral *obtus*.

Au moyen de ces rapports il sera très-facile, dans les octaèdres qui seront composés des faces latérales et des bases de ces prismes et en outre du plan  $A$ , de déterminer les rapports des sinus aux cosinus des incidences de leurs plans à l'axe ; car le rapport  $D : d$  continuera

Ces caractères donnent facilement ceux par les sinus et cosinus des incidences à l'axe.

d'être celui du sinus au cosinus de l'incidence d'un des couples de ses plans, et quant à l'autre couple de plans, le sinus de son incidence à l'axe sera  $a$  lorsque son cosinus sera  $d$  ou  $D$ .

La soude boratée appartient aussi au même genre de forme que les quatre précédentes.

Enfin, nous croyons devoir encore rapporter ici la soude boratée. Sa forme primitive, suivant M. Haiïy, est un prisme quadrangulaire rectangle à faces latérales d'inégale largeur, (et par conséquent donnant une section transversale oblongue), à base oblique inclinée sur la plus petite face latérale et perpendiculaire sur la plus grande. Ce prisme rectangulaire oblique de la soude boratée a les mêmes rapports avec le prisme oblique à base rhombe de l'anphibole ou du pyroxène, que des prismes droits rectangulaires oblongs avec des prismes droits à base rhombe. On peut à volonté substituer l'un à l'autre. Mais il resterait à déterminer si dans cette forme de la soude boratée le rapport entre la hauteur et les autres dimensions est tel que le prisme à base rhombe qu'on lui substituerait jouirait de cette propriété remarquable indiquée ci-dessus; propriété qui consiste en ce qu'une ligne menée d'un angle solide obtus à l'angle solide obtus opposé, serait perpendiculaire sur chaque bord latéral contigu à chacun de ces angles; car il faut que notre prisme à base rhombe substitué ait cette propriété, pour que nous puissions ensuite le changer en un octaèdre à pyramides droites, et à base rectangle oblongue.

Nous allons faire voir que la forme de la soude boratée a cette propriété; mais pour cela nous serons forcés de nous écarter un peu des données de M. Haiïy. Nous allons les ex-

traire de son Traité, t. II, p. 367. Il fait d'abord la largeur du plus grand plan latéral  $=\sqrt{48}$ ; (c'est  $Ey$ , pl. 39. f. 154), puis le cosinus ( $Ay$ ) de la plus grande incidence de la base sur la plus petite face latérale  $=2$ , le sinus correspondant étant comme la grande largeur ( $Ey$ )

ci-dessus  $=\sqrt{48}$ ; la largeur ( $EE'$ ) du plus petit plan latéral  $=\sqrt{45}$ ; et enfin la hauteur ( $Ex$ ) de la plus grande face latérale  $=\sqrt{14}$ .

En considérant ces différentes valeurs qui déterminent la forme de la soude boratée, on est porté à soupçonner que le célèbre Haiïy a employé, pour les obtenir, une série de radicaux  $\sqrt{12}$ ,  $\sqrt{13}$ ,  $\sqrt{14}$ ,  $\sqrt{15}$ ,  $\sqrt{16}$ , combinée d'une manière particulière. Le cosinus de la plus grande incidence de la base sur la face latérale étroite, serait  $=1$ ; mais comme les valeurs ci-dessus donnent pour le rapport entre ce cosinus et le sinus du même angle  $2:\sqrt{48}$  qui revient à  $1:\sqrt{12}$ , il s'ensuit que le sinus ( $Ey$ )  $=\sqrt{12}$ ; le rayon ( $AE$ ) de ce même angle serait  $=\sqrt{12+1}=\sqrt{13}$ ; la hauteur ( $Ex$ ) de la plus grande face qui était ci-dessus  $=\sqrt{14}$  deviendrait  $=\frac{1}{2}\sqrt{14}$ ; enfin le rapport entre les largeurs ( $EE'$  et  $Ey$ ) des deux faces, qui était ci-dessus  $:\sqrt{45}:\sqrt{48}$ , revient à celui-ci  $\sqrt{15}:\sqrt{16}$ . On voit donc que toutes les valeurs que M. Haiïy donne à la forme de la soude boratée paraissent avoir été combinées sur la série  $\sqrt{12}$ ,  $\sqrt{13}$ ,  $\sqrt{14}$ ,  $\sqrt{15}$ ,  $\sqrt{16}$ . Or, d'après les données de M. Haiïy, la valeur du bord latéral ( $Ee$ ) serait  $\sqrt{\frac{91}{6}}$ ; car en appelant  $m$  ce bord latéral, on peut le calculer

par deux triangles semblables ( $A E y$  et  $E e x$ ) qui donnent cette proportion :

$$\sqrt{48} : \sqrt{48+2} :: \sqrt{14} : m, \text{ ou } \sqrt{12} : \sqrt{13} :: \sqrt{14} : m;$$

$$\text{donc } m = \sqrt{\frac{13 \times 14}{12}} = \sqrt{\frac{182}{12}} = \sqrt{\frac{91}{6}}.$$

Admettons maintenant que l'on puisse altérer cette valeur de  $m$ , et qu'au lieu de  $m = \sqrt{\frac{91}{6}}$  on fasse  $m = \sqrt{\frac{96}{6}} = \sqrt{16} = 4$ , valeur qui donnerait à la hauteur ( $E x$ ) une autre valeur  $= \sqrt{\frac{192}{13}}$ , au lieu de  $\sqrt{14}$  qui est la même chose que  $\sqrt{\frac{182}{13}}$ ; alors la loi de décroissement qui donne un plan secondaire semblable à la base serait  $C$ . Cette loi correspond à celle  $A$  qui aurait lieu dans le cas où l'on aurait changé la forme primitive actuelle, en un prisme oblique à base rhombe semblable à celui du pyroxène et de l'amphibole; mais alors la perpendiculaire menée de cette extrémité d'un bord latéral qui joint un angle solide obtus, au bord latéral opposé, ne rencontrerait pas ce dernier bord à son extrémité, mais au milieu. Cette circonstance, au reste, ne changerait rien à la parfaite égalité géométrique des plans secondaires exprimés par des formules différentes dans ce système de cristallisation; seulement les formules qui donneraient les faces correspondantes seraient un peu changées. Cependant, si on préférerait que dans la soude boratée, ainsi convertie en un parallépipède oblique analogue à celui de l'amphibole, le plan secondaire sem-

blable à la base fût aussi, comme dans l'amphibole, produit par la loi  $A$ , il suffirait pour cela de réduire à moitié la hauteur de la forme primitive, et, en conservant toutes les expressions de M. Haüy pour les autres dimensions, de faire  $m = 2$  au lieu de  $m = 4$  comme ci-dessus, ce qui ferait la hauteur ( $E x$ ) de la face latérale plus large  $= \sqrt{\frac{48}{13}}$ , valeur qui est la moitié de celle  $\sqrt{\frac{192}{13}}$  donnée ci-dessus, et qui d'ailleurs  $= \sqrt{\frac{96}{26}}$  peu différente de celle  $\frac{1}{2} \sqrt{14} = \sqrt{\frac{91}{26}}$ .

La loi de décroissement, qui donnerait un plan secondaire semblable à la base adaptée au prisme rectangulaire oblong de la chaux boratée, serait  $C$ .

Nous ne discuterons pas ici si dans le changement que nous avons fait aux rapports établis par M. Haüy, nous avons outre-passé les limites convenables; car, quoique cette substance puisse admettre, plus que toute autre, des corrections plus grandes que d'autres cristaux plus rigoureusement déterminés, cependant nous ne pouvons encore être assurés d'avoir beaucoup mieux défini le caractère géométrique de la soude boratée après cette correction d'une seule de ses valeurs; et il suffit pour cela d'examiner toutes les autres. En effet, sans parler de ces rapports  $\sqrt{12} : \sqrt{13}$ ;  $\sqrt{13} : \sqrt{16}$  qui ne sont pas de toute certitude, on a de fortes raisons de douter que la forme de la soude boratée, telle que nous la déterminons, soit la véritable, lorsqu'on la compare avec la forme du pyroxène; car il résulterait de cette comparaison,

que dans l'une et l'autre, la base est également inclinée sur le bord latéral ou la face qui en tient lieu. En effet, dans l'une et l'autre, le sinus et le cosinus de cette incidence sont entre eux comme  $1 : \sqrt{12}$ . Or, cette identité d'angle paraît ici peu probable; et ce soupçon semble même être confirmé par l'épreuve de la mesure des angles. Nous avons mesuré cet angle de la soude boratée, d'après l'invitation même de M. Haüy, et la mesure qu'il en donne dans sa description, nous a constamment paru trop faible de quelques degrés. Au reste, cette mesure même que nous avons obtenue, n'est pas non plus absolument certaine; car les cristaux de soude boratée étant sujets à perdre une partie de leur eau de cristallisation, il en résulte que ses faces se tourmentent et subissent des dérangemens qui causent, peu à peu, des altérations dans les angles.

Nous terminons ici ce que nous avons à dire sur la soude boratée, et en général, sur différens genres de parallépipèdes auxquels on peut substituer des octaèdres à pyramides droites et à base rectangle oblongue.

On a vu que le nombre de ces formes est déjà considérable; cependant nous croyons devoir y rapporter encore un autre genre de formes toujours prises parmi les formes primitives de M. Haüy. Parmi ses octaèdres primitifs, il ne nous reste plus à examiner que *les octaèdres à pyramides droites et à base rhombe, ou rhomboïdale*. Le soufre, avec l'arsenic sulfuré et la soude carbonatée, ont des formes primitives octaèdres à base rhombe, et le cuivre carbonaté avec

Les octaèdres à pyramides droites et à base rhombe, peuvent aussi être rapportés à nos octaèdres à base rectangle oblongue.

avec l'ammoniaque de cuivre présentent un exemple d'octaèdre à base rhomboïdale.

Ces formes n'ayant point de ligne principale à laquelle, pour ainsi dire, toutes leurs parties se rapportent; c'est-à-dire, n'ayant point d'axe, ne paraissent peu propres à représenter des formes primitives. On peut, il est vrai, regarder comme un axe la ligne qui joint deux angles solides opposés quelconques; mais on est absolument libre de préférer l'une ou l'autre de trois directions différentes: ce choix est entièrement arbitraire, et n'est pas indiqué par la nature.

D'ailleurs le changement de ces octaèdres à base rhombe en octaèdre à base rectangle oblongue est extrêmement facile. Il suffit pour cela de supposer quatre plans parallèles aux quatre bords qui se réunissent en un même angle solide, chacun d'eux étant également incliné sur les deux faces adjacentes; ces quatre plans formeront un octaèdre à base rectangle oblongue: on peut de même ramener celui-ci au premier, en menant quatre plans dont chacun passe par deux perpendiculaires abaissées du sommet sur le côté de la base dans deux faces adjacentes de la même pyramide. On voit donc que l'on peut faire dériver les octaèdres à base rhombe des octaèdres à base rectangle oblongue.

Au contraire, les octaèdres à base rhomboïdale ayant une forme bien plus irrégulière encore que ceux à base rhombe, ne peuvent dériver des octaèdres à base rectangle oblongue, ou bien on serait forcé de ne pas laisser

Il n'en est pas de même des octaèdres à base rhomboïdale.

subsister, dans la forme substituée, l'égalité entre les parties qui sont égales dans la première forme, égalité qui doit toujours être conservée. Aussi nous regardons cette forme, dont il n'y a qu'un seul exemple dans l'ouvrage de M. Haüy, comme étant absolument étrangère aux formes primitives dont nous avons traité jusqu'à présent, et nous nous réservons d'en parler ailleurs.

La soude carbonatée n'étant pas assez connue, doit être négligée.

Nous devons donc écarter le cuivre carbonaté bleu, et nous pouvons de même négliger la soude carbonatée; car M. Haüy s'est borné à rapporter les mesures d'angles que Romé de Lisle en a données, et nous ne pensons pas que sa forme puisse être regardée jusqu'ici comme suffisamment déterminée. Nous n'avons donc plus à nous occuper que du soufre.

Il ne reste que le soufre en octaèdre à base rhombe.

M. Haüy, pour déterminer la forme de cette substance, a donné plusieurs rapports géométriques partiels, très-simples et exprimés en nombres entiers. Mais lorsqu'on veut réduire ces différens rapports à un seul rapport général, on s'écarte beaucoup de la simplicité. En effet, suivant M. Haüy, les diagonales du rhombe qui sert de base sont entre elles :: 5 : 4; et la hauteur d'une pyramide est à la perpendiculaire du centre sur la base :: 3 : 1.

Si on nomme  $D$  et  $d$  les deux demi-diagonales de la base, et  $p$  la perpendiculaire du centre sur un côté de la base; on aura  $p \times \sqrt{D^2 + d^2} = D \times d$ , chacun de ces deux termes étant l'expression de la moitié de la surface de la base.

Donc on a  $p = \frac{D \times d}{\sqrt{D^2 + d^2}}$ , et en admettant comme ci-dessus  $D = 5$  et  $d = 4$ , on aura

$$p = \frac{5 \times 4}{\sqrt{5^2 + 4^2}} = \frac{20}{\sqrt{41}} = 20 \sqrt{\frac{1}{41}}.$$

Si on appelle  $a$  la hauteur de la pyramide, on a  $a = 3p$ , ou  $a = 60 \sqrt{\frac{1}{41}}$ .

Si on suppose que ce soient les diagonales entières dont les valeurs soient 5 et 4, on aura  $D = \frac{5}{2}$ ;  $d = 2$ ;  $p = 10 \sqrt{\frac{1}{41}}$ ;  $a = 30 \sqrt{\frac{1}{41}}$ ; d'où l'on pourra conclure  $D : p : a :: \sqrt{41} : 4 : 12$ ; et  $d : p : a :: \sqrt{41} : 5 : 15$ ; ou enfin,  $D : d : p : a :: \sqrt{1025} : \sqrt{656} : 20 : 60$ ; ou ::  $\frac{\sqrt{41}}{4} : \frac{\sqrt{41}}{5} : 1 : 3$ .

La réfraction double du soufre prouve incontestablement que ses cristaux doivent avoir un axe; car nous savons que la route de l'aberration de la lumière dans ce phénomène, est l'axe cristallin, du moins nous pouvons le conclure de plusieurs autres exemples par analogie. Or quoique nous n'ayons pas encore d'observations pour déterminer dans le soufre la véritable direction de l'aberration de la lumière, et en même tems son axe cristallin, la certitude seule que nous avons que cette substance a la double réfraction, suffit pour nous faire conclure que la forme primitive de ses cristaux est du genre de celles qui ont un axe bien déterminé, ce qui rend encore plus admissible le changement que nous avons proposé de la forme octaèdre à base rhombe en un octaèdre à base rectangle oblongue.

Le soufre doit nécessairement avoir un axe en raison de sa double réfraction.

Observations sur la forme de l'antimoine sulfuré.

Il ne sera pas non plus étranger à notre sujet de dire ici quelques mots sur la forme de l'antimoine sulfuré. M. Haüy a annoncé qu'il ne pouvait pas encore déterminer rigoureusement sa forme ; mais les indications géométriques qu'il donne sont relatives à une forme primitive octaèdre à base rhombe. En effet, cet illustre savant a établi que le rapport entre le sinus et le cosinus de l'angle aigu de la base était  $\sqrt{13} : \sqrt{14}$  ; et le rapport entre la perpendiculaire menée du centre sur le côté, et la hauteur de la pyramide comme 2 : 3 ; et il a été conduit à ces rapports par l'observation des plans pyramidaux qui terminent les cristaux. Néanmoins, M. Haüy a regardé ces plans pyramidaux comme secondaires, et il a pensé que la forme primitive devait être un octaèdre à base rectangle oblongue. Ainsi, cette description de l'antimoine sulfuré nous paraît présenter un exemple du changement d'un octaèdre à base rhombe en un octaèdre à base rectangle.

Règles pour substituer nos octaèdres droits à base rectangle oblongue aux différentes formes indiquées. Incertitude que l'on rencontre.

Après avoir ainsi parcouru toutes les formes que nous croyons pouvoir associer aux octaèdres à pyramides droites à base rectangle, il faut que nous fassions connaître la marche qu'il convient de suivre pour substituer ces octaèdres à toutes ces autres formes.

Dans cette substitution on a souvent une sorte d'incertitude qui provient de l'embaras où l'on est de déterminer, dans la forme que l'on veut changer, les véritables plans qui doivent devenir les faces de l'octaèdre substitué. Il faudrait pour cela que cette forme ne présentât que deux couples de plans ; mais ce cas

est assez rare, et il est bien plus ordinaire d'y rencontrer trois couples de plans entre lesquels il faut choisir, en adopter deux, et rejeter le troisième. Nous allons en donner un exemple dans la baryte sulfatée.

D'abord les plans  $M$  et  $M$  (*pl. XXXV fig. 107 et suiv.*) ou les côtés du prisme qui est la forme primitive adoptée par M. Haüy, doivent certainement être l'un des deux couples des plans de l'octaèdre primitif ; leur nature, essentiellement primitive, est démontrée non-seulement parce qu'ils sont des directions d'un clivage parfaitement net, mais encore parce qu'ils ont une foule de rapports géométriques avec les autres plans.

Exemple dans la baryte sulfatée.

Pour constituer les deux autres plans de l'octaèdre primitif, on serait d'abord tenté de choisir les faces  $d$  et  $d$  (*fig. 108 et 109*), mais pour peu que l'on étudie tout le système cristallin de la baryte sulfatée, on reconnaît bientôt que ces plans ne sont pas convenablement placés pour qu'on puisse en faire dériver toute la série des autres plans secondaires.

Mais il y a d'autres plans qui peuvent leur disputer avec avantage cette fonction de plans primitifs. Les uns proviennent de la loi de décroissement  $A$  et les autres de la loi  $E$ . Les plans  $A$  n'étaient pas encore connus de M. Haüy lorsqu'il a publié son grand traité, aussi ils n'y sont pas décrits ; mais ce savant a eu plusieurs occasions de les observer depuis, et ils se rencontrent dans un grand nombre de variétés nouvelles qu'il doit publier. Les plans  $E$  sont

les faces *o* (*fig 112 et 113*). Les uns et les autres paraissent convenir également pour constituer la forme primitive, et il n'est pas facile de se décider dans le choix.

En général, supposez un octaèdre à pyramides droites à base rectangle oblongue, composé de deux couples de plans de manière que deux plans opposés contigus au même sommet correspondent à un autre couple de plans contigus au sommet inférieur, et que les deux autres plans opposés qui séparent les premiers correspondent également à un autre couple de plans; par les quatre bords terminaux (ceux qui se réunissent au sommet), soient menés deux nouveaux plans, chacun d'eux passant par deux de ces bords qui sont opposés, ce troisième couple de plans, ou leurs parallèles, pourront être substitués à l'un des deux premiers couples dans l'octaèdre, et il en résultera un autre octaèdre dont on pourra faire dériver tous les plans secondaires de la même manière que du premier.

C'est-là le rapport qui existe entre les plans *M*, *A* et *E* de la baryte sulfatée. Si deux quelconques de ces couples de plans forment un octaèdre, le troisième couple sera parallèle aux deux sections par deux bords terminaux opposés et par l'axe. Chaque couple de plan combiné avec l'un ou avec l'autre des deux autres couples pour former un octaèdre, conservera dans ces deux octaèdres les angles linéaires qui lui sont propres. Les triangles qu'il formera dans l'un ou l'autre de ces deux octaèdres seront semblables, mais dans une

Liaisons qui existent entre les trois octaèdres que l'on peut obtenir. Leurs rapports seront inverses.

position opposée et inverse. Les sinus et cosinus des incidences des plans dans chaque combinaison octaèdre seront exprimés par les mêmes valeurs, mais dans un rapport inverse, comme on le verra par le tableau suivant, et les notes qui y sont jointes.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur les motifs de préférer un plan à un autre, pour composer la forme primitive; car ce sont deux choses différentes de fixer la position de la forme primitive, ou de déterminer le caractère géométrique principal d'une forme primitive dont on a reconnu la position. Nous nous occuperons ailleurs des moyens de résoudre ces difficultés qui peuvent encore entraîner de l'incertitude dans le choix des plans primitifs.

Nous nous contenterons d'observer en général que la cassure lamelleuse pourra rarement décider la question. On y parviendra plus sûrement en examinant les couples de plans entre lesquels on a lieu d'hésiter, soit sous le rapport des liaisons plus intimes et moins arbitraires qui peuvent exister entre chacun d'eux, et le couple de plans primitifs déjà trouvé, soit relativement à la facilité d'en faire dériver toute la série des plans secondaires de manière à obtenir de cet examen des considérations qui tendent à la fois à faire admettre l'un et rejeter l'autre. En outre, l'observation du phénomène de la double réfraction pourra servir à déterminer la position de l'axe de la forme cristalline.

Réunissons maintenant en un seul tableau les rapports des sinus au cosinus des incidences des plans à l'axe dans toutes les espèces

D d 4

Cette difficulté dans le choix sera résolue ailleurs.

Règles générales qui peuvent guider. Le clivage n'est pas un motif de préférer un plan à un autre.

Tableau général des caractères géométriques de

tous nos octaèdres droits à base rectangle oblongue.

minérales dont la forme primitive doit être rapportée à l'octaèdre à base rectangle oblongue. Dans cette forme, il y a toujours deux couples de plans dont l'incidence à l'axe est différente. Ces deux incidences ont un cosinus commun qui est égal à la moitié de l'axe, leurs sinus seuls sont différens; le rayon dans chacune étant la perpendiculaire menée du sommet sur le côté de la base. Nous appellerons  $s$  et  $s'$  les deux sinus, et  $c$  le cosinus commun.

Tableau des octaèdres à pyramides droites et à base rectangle oblongue.

Potasse nitratée,  $s : c :: \sqrt{15} : \sqrt{32}$ ;  $s' : c :: 1 : \sqrt{3}$ ;  
donc  $s : s' : c :: \sqrt{45} : \sqrt{32} : \sqrt{96}$ .

Plomb carbonaté,  $s : c :: \sqrt{3} : \sqrt{8}$ ;  $s' : c :: 1 : \sqrt{2}$ ;  
donc  $s : s' : c :: \sqrt{3} : 2 : \sqrt{8}$ .

Plomb sulfaté,  $s : c :: 1 : \sqrt{2}$ ;  $s' : c :: \sqrt{3} : \sqrt{2}$ ;  
donc  $s : s' : c :: 1 : \sqrt{3} : \sqrt{2}$ .

Arragonite,  $s : c :: 3 : \sqrt{23}$ ;  $s' : c :: 1 : \sqrt{2}$ ;  
donc  $s : s' : c :: \sqrt{18} : \sqrt{23} : \sqrt{46}$ .

Baryte sulfatée (1),  $s : c :: \sqrt{3} : \sqrt{2}$ ;  $s' : c :: \sqrt{21} : \sqrt{8}$ ;  
donc  $s : s' : c :: \sqrt{12} : \sqrt{21} : \sqrt{8}$ .

Strontiane sulfatée (2),  $s : c :: 4 : 3\sqrt{3}$ ;  $s' : c :: 8\sqrt{2} : 9$ ;  
donc  $s : s' : c :: \sqrt{48} : \sqrt{128} : \sqrt{81}$ .

(1) Pour la baryte sulfatée nous avons choisi comme primitifs les plans  $M$  et  $A$ . Si on préférerait prendre les plans  $M$  et  $E$  (les faces  $o$ , fig. 112), on aurait  $s : c :: \sqrt{2} : \sqrt{3}$ ;  $s' : c :: \sqrt{7} : 2$ , et  $s : s' : c :: \sqrt{8} : \sqrt{21} : \sqrt{12}$ .

(2) Dans la strontiane sulfatée nous avons pris pour plans primitifs  $M$  et  $E$  (les faces  $o$ , pl. 36, fig. 121); car plusieurs raisons s'opposent à ce que l'on puisse prendre les plans  $A = d$ . On aurait dans ce cas  $s : c :: 9 : 4\sqrt{3}$ ;  $s' : c :: \sqrt{2} : \sqrt{3}$ , et  $s : s' : c :: 9 : \sqrt{24} : \sqrt{48}$ . Mais on pourrait supposer comme primitifs, avec quelque fonde-

Topaze (1),  $s : c :: 7 : \sqrt{176}$ ;  $s' : c :: \sqrt{14} : \sqrt{15}$ ;  
donc  $s : s' : c :: \sqrt{735} : \sqrt{2464} : \sqrt{2640}$ .

Staurotide (2),  $s : c :: 3 : \sqrt{2}$ ;  $s' : c :: \sqrt{2} : 1$ ;  
donc  $s : s' : c :: 3 : 2 : \sqrt{2}$ .

Fer arsenical (3),  $s : c :: \sqrt{5} : \sqrt{8}$ ;  $s' : c :: 4 : 3$ ;  
donc  $s : s' : c :: \sqrt{45} : \sqrt{128} : \sqrt{72}$ .

Titane silicéo-calcaire (4),  $s : c :: \sqrt{32} : \sqrt{5}$ ;  $s' : c :: \sqrt{3} : 1$ ;  
donc  $s : s' : c :: \sqrt{32} : \sqrt{15} : \sqrt{5}$ .

Cymophane (5),  $s : c :: 1 : \sqrt{3}$ ;  $s' : c :: \sqrt{2} : 1$ ;  
donc  $s : s' : c :: 1 : \sqrt{6} : \sqrt{3}$ .

Péridot (6),  $s : c :: 1 : \sqrt{5}$ ;  $s' : c :: \sqrt{32} : 5$ ;  
donc  $s : s' : c :: \sqrt{5} : 2\sqrt{8} : 5$ .

ment, les plans  $A$ , qui n'ont pas encore été observés; on aurait alors  $s : c :: 9 : 4\sqrt{3}$ ;  $s' : c :: \sqrt{8} : \sqrt{5}$ , et  $s : s' : c :: \sqrt{81} : \sqrt{128} : \sqrt{48}$ .

(1) Pour la topaze on a choisi ici les plans  $M$  et  $n = E$  (Traité de M. Haüy, pl. 44, fig. 38); mais M. Haüy a nouvellement donné aussi à la topaze une forme primitive octaèdre, qui est composée des

plans  $A$  et  $E = n$  de son ancienne description. Dans cet octaèdre on a  $s : c :: \sqrt{735} : \sqrt{2464}$ ;  $s' : c :: \sqrt{15} : \sqrt{14} :: \sqrt{2640} : \sqrt{2464}$ ;  
donc  $s : s' : c :: \sqrt{735} : \sqrt{2640} : \sqrt{2464}$ .

(2) La forme octaèdre de la staurotide, telle que nous l'avons adoptée, se compose des plans  $M$  et  $A = r$  (pl. 55, fig. 148).

(3) Dans le fer arsenical nous avons choisi pour plans primitifs les faces  $M$  et  $E = s$  (pl. 75, fig. 137).

(4) Dans le titane silicéo-calcaire l'octaèdre primitif est composé des plans  $M$  et  $A = n$  (pl. 84, fig. 224).

(5) Nos plans primitifs dans la cymophane sont les faces  $B = e$  et  $G = s$  (pl. 42, fig. 27). Si au lieu des plans  $G = s$  on voulait substituer les plans  $G = z$  (fig. 28), on aurait pour ces faces  $\sin : \cos :: \sqrt{8} : 3$  et ensuite  $s : s' : c :: \sqrt{5} : \sqrt{8} : 3$ .

(6) Les plans primitifs que nous avons adoptés pour le péridot sont les faces  $G = n$  et  $E = k$  (pl. 60, fig. 200). Si on préférerait les

Schéélin ferruginé (1),  $s : c :: \sqrt{3} : 2$ ;  $s' : c :: \sqrt{3} : 2$ ;  
donc l'incidence de chaque face à l'axe est la même,  
ce qui fait rentrer cette forme dans les octaèdres à  
base carrée.

Amphibole (2),  $s : c :: \sqrt{29} : \sqrt{8}$ ;  $s' : c :: 1 : \sqrt{14}$ ;  
donc  $s : s' : c :: \sqrt{203} : 2 : \sqrt{56}$ .

Pyroxène (3),  $s : c :: \sqrt{12} : \sqrt{13}$ ;  $s' : c :: 1 : \sqrt{12}$ ;  
donc  $s : s' : c :: 12 : \sqrt{13} : \sqrt{156}$ .

Grammatite (4),  $s : c :: 2 : 1$ ;  $s' : c :: 2 : 7$ ;  
donc  $s : s' : c :: 14 : 2 : 7$ .

facés  $d = \overset{3}{C}$ , on aurait pour leur incidence à l'axe  $\sin : \cos :: \sqrt{8} : \sqrt{3}$ ,  
ou le rapport inverse, suivant qu'on le combinerait avec l'une ou l'autre  
des deux autres faces ci-dessus. Celles-ci conserveraient chacune  
leur rapport, mais inverse.

(1) Ce n'est, pour ainsi dire, que par hasard, qu'en examinant les  
cristaux de schéélin ferruginé on reconnaît l'égalité des angles entre  
les deux faces  $r = \overset{1}{G}$  et ceux entre les faces  $u = \overset{2}{B}$  (fig. 229), éga-  
lité qui ramène la forme à l'octaèdre à base carrée. Tous les angles  
des formes secondaires indiqués dans le *Traité* de M. Haüy, d'après  
des rapports géométriques, s'accordent avec notre conclusion; on  
ne peut donc croire que cette égalité d'angles provienne de quelque  
faute d'impression; nous avons d'ailleurs cherché à vérifier cette éga-  
lité en mesurant les angles entre les faces  $r$  et ceux entre les faces  $u$   
sur des cristaux de schéélin ferruginé, et nous n'avons trouvé entre  
eux aucune différence sensible. Cette égalité est donc bien constatée;  
si elle paraît extraordinaire, cela tient à la manière dont M. Haüy a  
défini ces cristaux; et il résulte de cette observation que la forme du  
schéélin ferruginé est un octaèdre à base carrée. Voilà pourquoi nous  
avons indiqué cette substance à la suite du tableau de ces formes  
octaèdres.

(2) Il n'y a aucun doute que dans l'amphibole les plans primitifs ne  
soient les faces  $M, P$  et  $\gamma = \overset{1}{A}$  (pl. 54, fig. 135).

(3) Il est aussi certain que dans le pyroxène les plans primitifs sont  
les faces  $M, P$  et  $t = \overset{1}{A}$  (t. 3, p. 85 et fig. 138 et 145), qui sont  
placées d'une manière analogue aux plans primitifs de l'amphibole.

(4) De même dans la grammatite les plans primitifs sont  $M, P$  et  $\overset{1}{A}$   
(pl. 61, fig. 213 à 216).

Nickel sulfaté (1),  $s : c :: \sqrt{2} : 1$ ;  $s' : c :: 1 : 3$ ;  
donc  $s : s' : c :: 3\sqrt{2} : 1 : 3$ .

Soude boratée (2),  $s : c :: \sqrt{15} : 4$ ;  $s' : c :: 1 : \sqrt{12}$ ;  
donc  $s : s' : c :: \sqrt{45} : 2 : \sqrt{48}$ .

Nous n'avons pas compris dans ce tableau, l'eucrase, la stilbite, et le soufre, parce que nous n'avons pu encore trouver dans les cristaux de ces substances des considérations assez probables pour nous déterminer dans le choix de leurs plans primitifs. Cependant nous sommes toujours convaincus que la forme primitive de chacune de ces substances doit être rapportée à des octaèdres à base rectangle oblongue.

Si nous voulions comparer entre eux tous ces rapports qui expriment les caractères des différentes formes de ce genre, ce tableau nous offrirait un vaste sujet d'observations. Mais on pourrait craindre que ce travail fût peu utile; car il y a ici les plus grandes raisons de n'employer qu'avec réserve et circonspection les rapports dont il s'agit, la double indication géométrique que nous avons dû donner pour chaque forme pouvant entraîner dans une double erreur. Il faut avant tout, relativement à ces formes, diriger ses recherches vers un but que nous n'avons pas encore atteint

On ne peut réunir à ce tableau l'eucrase, la stilbite et le soufre, à cause de l'incertitude dans le choix des plans.

Il faudrait trouver une loi qui exprimât la réunion des deux couples de plans dans les octaèdres.

(1) Dans le nickel sulfaté comme dans les substances précédentes, les plans primitifs sont les faces  $M, P$  et  $\overset{1}{A}$  (pl. 73, fig. 115 et 116).

(2) Dans la soude boratée (voyez pl. 33 et 39, fig. 148 à 154), nous avons supposé que le plan  $\overset{1}{C}$  avait la même inclinaison que le plan  $P$ .

jusqu'à présent, mais que nous croyons devoir indiquer à nos lecteurs. C'est de trouver une loi qui lie entre eux les deux couples de plans de ces octaèdres ; car ce n'est pas par hasard et sans cause que deux rapports inégaux se réunissent ainsi pour composer une forme. La cristallisation d'une substance quelconque est un effet unique et simple, et si elle se compose de plusieurs parties, ces parties sont nécessairement liées l'une à l'autre, et il doit y avoir entre elles une dépendance réciproque, semblable à celle qui existe entre les différens membres d'un corps organisé. La connoissance de la cristallisation est assez avancée aujourd'hui pour que l'on ne puisse plus dire qu'une forme cristalline primitive, composée de plusieurs rapports inégaux, est un résultat dû au hasard ; une pareille opinion paraîtrait aussi ridicule que si l'on supposait un animal composé de parties réunies de plusieurs animaux différens. Mais nous nous sommes contentés de mettre en avant cette question, et nous ne prétendons point la résoudre ici. En indiquant ainsi ce problème, nous désirons surtout éveiller sur cet objet l'attention des savans doués de toutes les connoissances et de toute la sagacité nécessaires pour se livrer à la recherches de ces lois mathématiques, et les exciter à s'en occuper. Plus ils seront instruits en minéralogie et plus ils seront en état de juger du plus ou moins de certitude, du plus ou moins d'importance de chacun de nos rapports dans chaque exemple particulier, et de déterminer jusqu'à quel point chacun d'eux demande à être modifié. Peut-être pourrons-nous quelque jour

entreprendre d'éclaircir cette question, mais ce sera l'objet d'un traité particulier.

Occupons-nous maintenant de faire voir comment ces rapports que nous avons donnés entre les sinus et cosinus des deux angles d'incidence à l'axe de ce genre d'octaèdres peuvent servir à déterminer toutes les autres propriétés de ces octaèdres, et celles de leurs formes secondaires. Nous avons dit que le cosinus commun des deux angles était le demi-axe de l'octaèdre, et que le rayon pour chaque angle était la perpendiculaire menée du sommet sur le côté de la base qui est opposé à cet angle ; nous continuerons d'appeler  $c$  le cosinus,  $s$  et  $s'$  les deux sinus, et de plus nous nommerons  $r$  et  $r'$  les deux rayons,  $d$  la demi-diagonale de la base,  $l$  et  $l'$  les côtés de la base, et enfin  $m$ , un bord terminal quelconque contigu au sommet.

Cela posé, nous aurons  $l = 2s'$  ;  $l' = 2s$  ; l'axe  $= 2c$  ;  $r = \sqrt{s^2 + c^2}$  ;  $r' = \sqrt{s'^2 + c^2}$  ;  $d = \sqrt{s^2 + s'^2}$  ; et enfin,  $m = \sqrt{r^2 + s'^2} = \sqrt{r'^2 + s^2} = \sqrt{s^2 + s'^2 + c^2}$  ; on aurait pu faire aussi  $m = \sqrt{d^2 + c^2} = \sqrt{s^2 + s'^2 + c^2}$ .

Nous pouvons maintenant calculer les angles de ces octaèdres à base oblongue d'une manière analogue à celle que nous avons employée pour les octaèdres à base carrée.

Dans la moitié *des angles linéaires* du sommet, ou opposés à la base dans chaque triangle isocèle, on a pour l'un, cosinus  $= r$ , et sinus  $= \frac{l}{2} = s'$  ; et pour l'autre, cosinus  $= r'$ , et sinus  $= \frac{l'}{2} = s$  ; ce que l'on peut exprimer ainsi :

Le rapport du sinus au cosinus dans la moitié

Calculs de toutes les lignes et angles des octaèdres droits à base rectangle oblongue, au moyen des rapports entre les sinus et cosinus d'incidences de leur plan à l'axe.

Lignes.

Angles.

Angles linéaires du sommet.

de chacun des angles linéaires opposés à la base est :

$$\text{pour l'un, sin : cos :: } s' : r, \text{ ou :: } s' : \sqrt{s'^2 + c^2};$$

$$\text{pour l'autre, sin : cos :: } s : r', \text{ ou :: } s : \sqrt{s'^2 + c^2}.$$

Angles linéaires latéraux.

On en déduira facilement les rapports du sinus au cosinus pour les angles linéaires latéraux entiers dans chaque triangle, puisque l'on aura pour chacun d'eux les rapports inverses ci-dessus, c'est-à-dire :

$$\text{sin : cos :: } r : s'; \text{ et sin : cos :: } r' : s.$$

Angle entre deux plans adjacens et contigus au même sommet.

Cherchons maintenant l'incidence mutuelle, ou l'angle de deux plans adjacens contigus au même sommet; nous calculerons séparément la valeur de ses deux parties ou des deux angles inégaux dont cet angle est la somme. En effet, si par deux bords terminaux opposés, on mène un plan (qui sera vertical), ce plan partagera l'angle dont il est question en deux angles. Déterminons donc séparément la valeur de ces deux angles ou de l'incidence de chaque plan primitif avec ce plan vertical; la somme de ces deux angles sera l'angle cherché entre deux plans primitifs adjacens contigus au même sommet.

Première moitié de cet angle.

Cherchons d'abord l'angle que notre plan vertical forme avec celui des plans primitifs dont la base est  $l$ , et l'apothème est  $r$ . Si du milieu de  $l$  on mène une perpendiculaire sur le bord terminal  $m$ , cette ligne pourra être prise pour le rayon de l'angle cherché; soit  $\rho$  ce rayon,  $\sigma$  le sinus, et  $\chi$  le cosinus; ces trois lignes formeront un triangle (analogue au triangle

mesurateur de M. Haüy), dont les côtés seront faciles à calculer, chacun d'eux faisant aussi partie d'autres triangles déjà connus par d'autres données.

Ainsi, d'abord le sinus  $\sigma$  est une perpendiculaire abaissée de l'angle droit sur l'hypothénuse  $d$  d'un triangle rectangle composé des lignes  $d$ ,  $s$  et  $\frac{l}{2} = s'$ , nous aurons donc :

$$\sigma = \frac{s \times s'}{d} = \frac{s \times s'}{\sqrt{s^2 + s'^2}}.$$

Sinus.

Pour chercher le cosinus  $\chi$ , observons d'abord que le sinus  $\sigma$  étant perpendiculaire sur  $d$ , partage cette ligne en deux parties  $d$  et  $d'$  dont on peut trouver la valeur par les deux proportions  $d : s' :: s' : d$ , et  $d : s :: s : d'$ ; donc  $d = \frac{s'^2}{d}$ , et  $d' = \frac{s^2}{d}$ .

Cosinus.

Maintenant le cosinus  $\chi$  étant perpendiculaire sur  $m$ , hypothénuse du triangle rectangle composé des lignes  $m$ ,  $d$  et  $c$ , retranche de ce triangle un petit triangle rectangle qui lui est semblable, et dont l'hypothénuse est  $d$ . Nous aurons donc  $m : c :: d : \chi$ ; d'où l'on tire  $\chi = \frac{sc}{m}$ , et subsistant la valeur de  $d$ ,  $\chi = \frac{s'^2 \times c}{m \times d}$ , et substituant les valeurs de  $m$  et  $d$ , on a

$$\chi = \frac{s'^2 \times c}{\sqrt{s^4 + s'^4 + 2s^2s'^2 + c^2s^2 + c^2s'^2}}.$$

Enfin le rayon  $\rho$  est une perpendiculaire menée du sommet de l'angle droit sur l'hypothénuse  $m$ , dans un triangle rectangle qui est la moitié de notre plan primitif, et qui est composé

Rayon.

des lignes  $m$ ,  $r$  et  $\frac{l}{2} = s'$ ; nous aurons donc

$$g = \frac{s' \times r}{m} = \frac{s' \times \sqrt{s'^2 + c^2}}{\sqrt{s^2 + s'^2 + c^2}}$$

Le rayon  $g$  nous fournit un second moyen de calculer le cosinus  $\chi$ , car cette ligne  $g$  divise la ligne  $m$  en deux parties  $\mu$  et  $\mu'$  que l'on peut déterminer par ces proportions  $m : s' :: s' : \mu$ , et  $m : r :: r : \mu'$ ; donc  $\mu = \frac{s'^2}{m}$ , et  $\mu' = \frac{r^2}{m}$ ; or  $\mu$  fait partie du petit triangle dont  $\chi$  est un côté, et que nous avons déjà considéré : on a donc cette proportion  $d : c :: \mu : \chi$ ; donc  $\chi = \frac{\mu c}{d} = \frac{s'^2 \times c}{m \times d}$ , même valeur que ci-dessus.

Rapport  
général.

Donc dans l'angle qui est la première partie de l'incidence que nous cherchons, on a pour le rapport entre le sinus, le cosinus, et le rayon ;

$$\sigma : \chi : g :: \frac{s \times s'}{d} : \frac{s' \times c}{m \times d} : \frac{s' \times r}{m}, \text{ ou } :: s \times m : c \times s' : d \times r \text{ (1).}$$

Seconde  
moitié de  
cet angle.

Passons à l'autre angle, celui que notre même plan vertical mené par l'axe et le bord terminal, fait avec l'autre plan primitif dont l'apothème est  $r'$  et la base  $l'$ .

(1) Cette expression des lignes qui servent à mesurer l'incidence mutuelle des deux plans adjacens et contigus à l'axe dans un octaèdre, est, à la vérité, moins simple que celle que nous avons déjà donnée dans ce même Mémoire pour l'octaèdre droit à base carrée, mais elle a l'avantage d'être bien plus générale, puisque celle-ci n'en est qu'un cas particulier. En effet, si dans notre formule ci-dessus on fait  $s = s'$ , ce qui a nécessairement lieu lorsque la base est carrée, le rapport  $s \times m : c \times s' : d \times r$ , devient  $m : c : \sqrt{2}r$ , comme nous l'avons trouvé.

Le

Le rayon  $g$  pourra être une perpendiculaire menée du milieu de la base  $l'$  sur le bord terminal  $m$ . Ce rayon  $g$  formera, avec le sinus  $\sigma'$  et le cosinus  $\chi'$  de l'angle que nous cherchons, un triangle que nous pourrions calculer d'une manière analogue à celle que nous avons employée pour le triangle  $\sigma \chi g$ .

D'abord le sinus  $\sigma'$  étant une perpendiculaire abaissée du sommet de l'angle droit sur l'hypothénuse dans le triangle rectangle formé des lignes  $d$ ,  $s'$  et  $\frac{l'}{2} = s$ , nous aurons  $\sigma' = \frac{s' \times s}{d}$ .

Sinus.

Pour trouver le cosinus  $\chi'$ , observons que le sinus  $\sigma'$  divise la ligne  $d$ , sur laquelle il est perpendiculaire, en deux parties  $d' = \frac{s^2}{d}$  et  $d'' = \frac{s'^2}{d}$ . Or nous avons cette proportion  $m : c :: d' : \chi'$ ; donc  $\chi' = \frac{d' \times c}{m} = \frac{s^2 \times c}{m \times d}$ .

Cosinus.

Enfin, le rayon  $g'$  sera trouvé par une proportion semblable à celle que nous avons employée pour  $g$ ; on aura donc  $g' = \frac{r' \times s}{m}$  (1).

Rayon.

Donc dans l'angle, qui est la seconde partie de l'incidence que nous cherchons, on aura

Rapport  
général.

(1) Le rayon  $g'$  partage la ligne  $m$  en deux parties  $\mu'$  et  $\mu'' = \frac{s^2}{m}$  et  $\frac{r'^2}{m}$ , ce qui peut fournir un nouveau moyen de calculer le cosinus  $\chi'$  par cette proportion  $d : c :: \frac{s^2}{m} : \chi'$ , d'où l'on tire  $\chi' = \frac{s^2 \times c}{m \times d}$  comme ci-dessus.

pour le rapport entre le sinus, le cosinus, et le rayon :

$$\sigma' : \chi' : \rho' :: \frac{s' \times s}{d} : \frac{s'' \times c}{m \times d} : \frac{r' \times s}{m}, \text{ ou } :: s' \times m : s \times c : d \times r'.$$

Il est facile ensuite de déterminer les autres angles.

Ayant déterminé l'angle entre deux plans adjacens et contigus au même sommet, il est si facile de trouver tous les autres angles de ce genre de forme, que nous croyons inutile d'entrer dans quelques détails à cet égard.

Tous les calculs déjà donnés peuvent servir pour trouver les formes secondaires.

Tels sont les principes du calcul des formes *octaèdres à base rectangle*; car il ne faut pas séparer ce que j'ai dit dans ce Mémoire sur les octaèdres droits à base carrée, de ce que je viens d'ajouter concernant les octaèdres droits à base rectangle oblongue. Tous ces principes doivent servir de base au calcul des formes secondaires, qui consiste à déterminer la position géométrique de leurs plans, et à en déduire leurs propriétés géométriques. Ce calcul des formes, qui dérivent des octaèdres, peut se faire sans avoir besoin d'employer, comme l'a fait M. Haüy, une forme ou *molécule soustractive*, qui est très-différente de l'octaèdre, puisque c'est un parallépipède composé de l'octaèdre et de deux tétraèdres appliqués sur deux de ses faces opposées; chacun de ces tétraèdres étant produit par la division mécanique de l'octaèdre lui-même. Nous pensons que la méthode que nous proposons pourrait être préférable, en ce qu'il semble plus convenable de comparer les plans secondaires à l'octaèdre lui-même, plutôt qu'à une forme artificielle, et que c'est par rap-

On n'a pas besoin d'imaginer de molécules soustractives.

port à l'un, plutôt que par rapport à l'autre qu'il est intéressant de les définir. De plus, dans cette même méthode, lorsque nous considérerons les formes secondaires, nous ne perdrons jamais de vue l'image de la forme primitive; et l'on verra que les rapports entre les parties secondaires et les parties primitives, peuvent se déterminer facilement par une application des formules précédentes.

Nous pouvions enfin, en traitant soit des rhomboèdres et des dodécaèdres birhomboèdres, soit des octaèdres à base carrée ou rectangle, appliquer nos formules aux tétraèdres que l'on obtient de la division de chacune de ces formes. Mais cette distinction des tétraèdres n'aurait été d'aucune utilité pour nos recherches: en effet, supposons, par exemple, que dans un octaèdre on mène quatre plans verticaux et un plan horizontal; savoir, deux des plans verticaux passant chacun par deux arrêtes terminales opposées; les deux autres, chacun par deux perpendiculaires opposées du sommet sur la base; enfin le plan horizontal passant par la base; ces plans partageront l'octaèdre en seize tétraèdres qui, dans l'octaèdre à base carrée, seront tous semblables, et qui seront de deux espèces, huit de l'une, et huit de l'autre, dans l'octaèdre à base rectangle oblongue. Nous pouvions démontrer dans ces tétraèdres les mêmes propriétés que nous avons reconnues dans les octaèdres; ainsi cette translation de ces propriétés des octaèdres aux tétraèdres eût été au moins inutile, puisqu'on pouvait les observer dans les octaèdres; et en outre, nous

On ne s'est pas occupé du tétraèdre, parce que cela était inutile.

devions craindre de paraître, en l'adoptant, attacher trop d'importance à cette dissection de sa forme primitive, ce qui aurait pu faire croire que cette dissection est dans la nature, et que les principes des formes reposent sur ces tétraèdres.

On traitera ailleurs des autres genres de formes.

Nous terminerons ici ce Mémoire ; nous traiterons ailleurs de quelques formes cristallines entièrement différentes de toutes celles dont nous sommes occupés jusqu'à présent. Le feldspath, l'épidote, l'axinite, la chaux sulfatée, et le cuivre sulfaté, nous présenteront des exemples de formes primitives nouvelles. Ces formes, quoique peu nombreuses, sont cependant très-différentes entre elles, et exigent par conséquent des considérations variées ; leur singularité même, et leur peu de rapport avec les autres formes plus régulières, demandent qu'elles soient traitées séparément. Le feldspath nous présentera une forme qui est terminée par huit plans, et qui cependant n'est pas un octaèdre ; l'épidote nous offrira pour la première fois un octaèdre à pyramides obliques et à base rectangulaire oblongue, forme assez extraordinaire, mais qui est bien constatée ; nous en aurons encore d'autres très-différentes. Les lois qui nous serviront à déterminer ces formes s'écartent plus ou moins des lois précédentes ; nous ne conserverons pas toujours le même rapport pour établir leur caractère principal. Toutes ces recherches sont indispensables pour compléter nos connaissances sur les caractères géométriques principaux des formes cristallines, et nous saisirons avec empressement la

première occasion qui se présentera de traiter de ces autres formes qui nous restent à examiner (1).

---

(1) Nous ajouterons d'abord ici, comme nous l'avons promis, une table des matières contenues dans le Mémoire de M. Weiss, et ensuite une autre table, alphabétique, des espèces minérales dont il est question dans ce même Mémoire. (*Note des Rédacteurs.*)

## TABLE DES MATIÈRES

Contenues dans le Mémoire de M. WEISS.

## I. Idées préliminaires.

Ce que M. Haüy entend par *formes primitives*. Page 353  
 Examen des cristaux par ordre de formes. . . . . 554  
 On peut négliger les formes régulières de la géométrie. *ibid.*  
 Enumération des formes primitives. . . . . 355

## II. Des Prismes hexaèdres réguliers.

Ces prismes, considérés comme formes primitives, constituent un genre à supprimer. On peut le changer en rhomboèdres. . . . . 356  
 Caractères des prismes hexaèdres d'après M. Haüy. *ibid.*  
 Remarques sur la télésie et la néphéline . . . 357 et 358  
 Le caractère du cinabre est douteux. . . . . 359  
 Observations sur celui de l'émeraude. . . . . *ibid.*  
 Sur celui de la chaux phosphatée. . . . . 360  
 Le rapport  $\sqrt{3} : \sqrt{2}$  se retrouve dans plusieurs espèces. *ibid.*

## III. Des Rhomboèdres.

Motifs de cette dénomination. . . . . 361  
 Caractères que M. Haüy emploie pour les rhomboèdres. 362  
 Tableau des rhomboèdres d'après M. Haüy. . . . . *ibid.*  
 Additions pour l'argent antimoine sulfuré. . . . . 363  
 pour la chabasie. . . . . *ibid.*  
 pour la diopase. . . . . *ibid.*  
 pour le quartz. . . . . *ibid.*  
 Substitution du rapport entre le sinus et le cosinus de l'inclinaison à l'axe à celui entre les deux diagonales des faces. . . . . 364  
 Moyens de trouver le premier rapport par celui des diagonales. . . . . 365

Tableau des rhomboèdres d'après le nouveau rapport. P. 366  
 Tableau semblable pour les prismes hexaèdres et pour le cube. . . . . 367  
 Ces rapports sont en général plus simples que ceux par les diagonales. . . . . 368  
 Réponse à l'objection tirée du cube. . . . . 369  
 Préférence à accorder à ces rapports. . . . . 370  
 Calcul de toutes les lignes et angles du rhomboèdre, ou valeurs du sinus et du cosinus de l'inclinaison à l'axe. *ibid.*  
 Valeurs des lignes. . . . . *ibid.*  
 Valeur de l'angle linéaire du rhombe. . . . . *ibid.*  
 Valeur de l'angle plan terminal ou de sa moitié. . . . . 371  
 Valeur du sinus. . . . . *ibid.*  
 ——— du cosinus. . . . . *ibid.*  
 ——— du rayon. . . . . 372  
 Rapport général. . . . . *ibid.*  
 Propriété du rhomboèdre. . . . . *ibid.*  
 Angles de sa section principale. . . . . 373  
 Exemples des usages que l'on peut faire de toutes ces valeurs pour calculer les formes secondaires. . . . . 374  
 Birhomboides ou dodécaèdres triangulaires isotèles. 375  
 Calcul de ces birhomboides par les sinus et cosinus de l'inclinaison à l'axe. . . . . *ibid.*  
 Angle linéaire au sommet. . . . . 376  
 Angle entre deux faces adjacentes contiguës au même sommet. . . . . *ibid.*  
 Valeur du sinus. . . . . 377  
 ——— du cosinus. . . . . *ibid.*  
 ——— du rayon. . . . . *ibid.*  
 Rapport général. . . . . *ibid.*  
 Propriété des birhomboides. . . . . 378  
 Détermination des autres angles des birhomboides. . *ibid.*  
 Résumé sur ces birhomboides. . . . . 379  
 Toutes les autres formes se rapportent à quatre plans. 380

## IV. Des Octaèdres droits à bases carrées.

Rapports employés par M. Haüy. . . . . 381  
 Ces rapports sont analogues à ceux tirés de l'inclinaison à l'axe. . . . . 382

|                                                                                                               |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Les prismes droits à base carrée peuvent être rapportées aux octaèdres ci-dessus. . . . .                     | Page 382     |
| Détermination de ces prismes d'après M. Haüy, et différentes manières de les changer en octaèdres. 383 et 384 |              |
| Nouveaux rapports pour les octaèdres droits à base carrée. . . . .                                            | 385          |
| Tableau des octaèdres à pyramides droites à bases carrées. . . . .                                            | 386          |
| Observations sur ce tableau. . . . .                                                                          | 387          |
| Valeurs des lignes et angles dans les octaèdres à base carrée. . . . .                                        | 388          |
| Lignes. . . . .                                                                                               | <i>ibid.</i> |
| Angles linéaires. . . . .                                                                                     | <i>ibid.</i> |
| Angles plans. . . . .                                                                                         | 389          |
| Angles entre deux plans opposés au même sommet. . . . .                                                       | <i>ibid.</i> |
| Angles entre deux plans adjacens dans les deux pyramides. . . . .                                             | <i>ibid.</i> |
| Angle entre deux plans adjacens dans la même pyramide. . . . .                                                | <i>ibid.</i> |
| Valeur du rayon. . . . .                                                                                      | <i>ibid.</i> |
| — du sinus. . . . .                                                                                           | 390          |
| — du cosinus. . . . .                                                                                         | <i>ibid.</i> |
| Rapport général. . . . .                                                                                      | <i>ibid.</i> |
| Propriété de ces octaèdres analogues à celle des rhomboèdres. . . . .                                         | 391          |

V. Des Octaèdres à pyramides droites à base rectangle allongée.

|                                                                                                       |              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Octaèdre à base rectangle oblongue d'après M. Haüy. . . . .                                           | 402          |
| Leurs caractères géométriques. . . . .                                                                | 403          |
| Il faut rapporter les prismes droits à base rhombe à ces octaèdres. . . . .                           | <i>ibid.</i> |
| Caractères géométriques d'après M. Haüy. . . . .                                                      | 404          |
| Observations sur la topaze. . . . .                                                                   | <i>ibid.</i> |
| Tous les prismes à base rhombe ne peuvent pas être changés en octaèdres. . . . .                      | 407          |
| Les prismes droits à base rectangle oblongue peuvent être changés en octaèdres du même genre. . . . . | <i>ibid.</i> |
| Caractères géométriques de ces prismes droits d'après M. Haüy. . . . .                                | 408          |

|                                                                                                                                                                                    |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| On y retrouve plusieurs fois le rapport du quartz $\sqrt{5} : \sqrt{8}$ . . . . .                                                                                                  | Page 408     |
| Certains prismes obliques à base rhombe peuvent être changés en octaèdres. . . . .                                                                                                 | <i>ibid.</i> |
| Quatre exemples de ces prismes cités par M. Haüy. . . . .                                                                                                                          | 410          |
| Caractères géométriques dont il se sert. . . . .                                                                                                                                   | 410          |
| Ces caractères donnent facilement ceux par les sinus et cosinus des incidences à l'axe. . . . .                                                                                    | 411          |
| La soude boratée appartient aussi au même genre de forme que les quatre précédentes. . . . .                                                                                       | 412          |
| Les octaèdres à pyramides droites et à base rhombe peuvent aussi être rapportés à nos octaèdres à base rectangle oblongue. . . . .                                                 | 416          |
| Il n'en est pas de même des octaèdres à base rhomboïdale. . . . .                                                                                                                  | 417          |
| La soude carbonatée n'étant pas assez connue, doit être négligée. . . . .                                                                                                          | 418          |
| Il ne reste que le soufre en octaèdre à base rhombe. . . . .                                                                                                                       | <i>ibid.</i> |
| Le soufre doit nécessairement avoir un axe en raison de sa double réfraction. . . . .                                                                                              | 419          |
| Observations sur la forme de l'antimoine sulfuré. . . . .                                                                                                                          | 420          |
| Règles pour substituer nos octaèdres droits à base rectangle oblongue aux différentes formes indiquées. Incertitude que l'on rencontre. . . . .                                    | <i>ibid.</i> |
| Exemple dans la baryte sulfatée. . . . .                                                                                                                                           | 421          |
| Liaisons qui existent entre les trois octaèdres que l'on peut obtenir. Leurs rapports seront inverses. . . . .                                                                     | 422          |
| Difficulté dans le choix des plans pour composer une forme primitive. . . . .                                                                                                      | 423          |
| Règles générales qui peuvent guider. Le clivage n'est pas un motif de préférer un plan à un autre. . . . .                                                                         | <i>ibid.</i> |
| Tableau général des caractères géométriques de tous nos octaèdres droits à base rectangle oblongue. . . . .                                                                        | <i>ibid.</i> |
| On ne peut réunir à ce tableau l'euclase, la stilbite et le soufre, à cause de l'incertitude dans le choix des plans. . . . .                                                      | 427          |
| Il faudrait trouver une loi qui exprimât la réunion des deux couples de plans dans les octaèdres. . . . .                                                                          | <i>ibid.</i> |
| Calculs de toutes les lignes et angles des octaèdres droits à base rectangle oblongue, au moyen des rapports entre les sinus et cosinus d'incidences de leur plan à l'axe. . . . . | 429          |

|                                                                                          |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Lignes. . . . .                                                                          | Page 429     |
| Angles. . . . .                                                                          | <i>ibid.</i> |
| Angles linéaires du sommet. . . . .                                                      | <i>ibid.</i> |
| Angles linéaires latéraux. . . . .                                                       | 430          |
| Angle entre deux plans adjacens et contigus au même sommet. . . . .                      | <i>ibid.</i> |
| Première partie de cet angle. . . . .                                                    | 130          |
| Valeur du Sinus. . . . .                                                                 | 431          |
| — du Cosinus. . . . .                                                                    | <i>ibid.</i> |
| — du Rayon. . . . .                                                                      | <i>ibid.</i> |
| Rapport général. . . . .                                                                 | 432          |
| Seconde moitié de cet angle. . . . .                                                     | <i>ibid.</i> |
| Valeur du Sinus. . . . .                                                                 | 433          |
| — du Cosinus. . . . .                                                                    | <i>ibid.</i> |
| — du Rayon. . . . .                                                                      | <i>ibid.</i> |
| Rapport général. . . . .                                                                 | <i>ibid.</i> |
| Il est facile ensuite de déterminer les autres angles. . . . .                           | 434          |
| Tous les calculs déjà donnés peuvent servir pour trouver les formes secondaires. . . . . | 434          |
| On n'a pas besoin d'imaginer de molécules soustractives. . . . .                         | <i>ibid.</i> |
| On ne s'est pas occupé du tétraèdre, parce que cela était inutile. . . . .               | 435          |
| On traitera ailleurs des autres genres de formes. . . . .                                | 436          |

*TABLE alphabétique des espèces minérales  
dont il est question dans le Mémoire de  
M. WEISS.*

|                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| Amphybole. . . . .                | Pages 411 et 426 |
| Anatase. . . . .                  | 381 et 386       |
| Antimoine sulfuré. . . . .        | 420              |
| Argent antimonié sulfuré. . . . . | 362 et 367       |
| Arragonite. . . . .               | 403 et 464       |
| Baryte sulfatée. . . . .          | 404, 421 et 424  |
| Chabasie. . . . .                 | 362 et 367       |
| Chaux carbonatée. . . . .         | <i>ibid.</i>     |
| Chaux phosphatée. . . . .         | 357, 367 et 375  |
| Corindon. . . . .                 | 362 et 367       |
| Cuivre carbonaté bleu. . . . .    | 418              |
| Cymophane. . . . .                | 408 et 425       |
| Dioptase. . . . .                 | 362 et 367       |
| Emeraude. . . . .                 | 357, 367 et 375  |
| Epidote. . . . .                  | 436              |
| Etain oxydé. . . . .              | 384 et 387       |
| Euclase. . . . .                  | 408 et 427       |
| Feldspath. . . . .                | 436              |
| Fer arsenical. . . . .            | 404 et 425       |
| Fer oligiste. . . . .             | 363 et 367       |
| Fer sulfaté. . . . .              | <i>ibid.</i>     |
| Grammatite. . . . .               | 411 et 426       |
| Harmotome. . . . .                | 381 et 386       |
| Idocrase. . . . .                 | 384 et 386       |
| Magnésie sulfatée. . . . .        | <i>ibid.</i>     |
| Meionite. . . . .                 | <i>ibid.</i>     |
| Mellite. . . . .                  | 382 et 386       |
| Mercure sulfuré. . . . .          | 357 et 367       |
| Mésotype. . . . .                 | 384 et 386       |
| Mica. . . . .                     | 407              |
| Néphéline. . . . .                | 357, 367 et 375  |
| Nickel sulfaté. . . . .           | 411 et 427       |
| Péridot. . . . .                  | 408 et 425       |
| Paranthine. . . . .               | 387              |

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| Plomb carbonaté.         | Pages 403 et 424 |
| Plomb chromaté.          | 384 et 387       |
| Plomb molybdaté.         | 382 et 386       |
| Plomb phosphaté.         | 363, 367 et 375  |
| Plomb sulfaté.           | 403 et 424       |
| Potasse nitraté.         | ibid.            |
| Pyroxène.                | 411 et 426       |
| Quartz.                  | 362, 367 et 375  |
| Schéélin ferruginé.      | 387, 408 et 426  |
| Soufre.                  | 418 et 427       |
| Soude boratée.           | 412 et 427       |
| Soude carbonatée.        | 418              |
| Staurotide.              | 404 et 425       |
| Stilbite.                | 408 et 427       |
| Strontiane sulfatée.     | 404 et 424       |
| Télesie.                 | 357              |
| Titane oxydé.            | 384 et 387       |
| Titane silicéo-calcaire. | 404 et 425       |
| Topaze.                  | ibid.            |
| Tourmaline.              | 362 et 367       |
| Wernérite.               | 384 et 386       |
| Zinc oxydé.              | 403              |
| Zircon.                  | 381 et 386       |

## L E T T R E

*A M. TILLOCH, sur les moyens de prévenir les funestes effets des Mofettes dans les mines de houille ;*

Traduite par M. PATRIN (1).

L'AUTEUR, après avoir exposé les dangers qui résultent pour les mineurs, du dégagement des gaz délétères qui se manifestent dans certaines mines de houille, rappelle quelques-uns des moyens qui ont été proposés pour s'en garantir, notamment celui qui a été imaginé par le docteur Trotter, de neutraliser le gaz hydrogène par des moyens chimiques ; et il fait voir que ce moyen serait impraticable en grand, attendu l'énorme quantité de ce gaz qui se dégage journellement, ce qui entraînerait des frais immenses si l'on voulait le détruire par le moyen des réactifs. Il cite encore d'autres expédiens qui peuvent plus ou moins prévenir les funestes effets de ces gaz. Il s'agirait d'employer une lumière dont la chaleur ne fût pas capable de mettre le feu aux gaz inflammables ; ou bien d'environner les lampes ou chandelles d'une atmosphère d'air incombustible, c'est-à-dire, de n'admettre dans la combustion l'air de

(1) Cette Lettre est extraite du *Philosophical Magazine*. (Janvier 1810).

la mine, que dans une telle proportion et dans un tel état de combinaison avec un air incombustible, que le feu ne pût se communiquer à l'air vicié de la mine, et y déterminer une explosion. *Ce dernier moyen* a été souvent proposé, il est même employé, à ce qu'on rapporte, dans une exploitation du Sunderland; mais ces divers expédiens sont sujets à des inconvéniens qui les rendent extrêmement précaires.

Quant au moyen qui consiste à procurer aux mineurs une lumière incapable d'enflammer les gaz, il consiste dans l'emploi du *steel-mill* au lieu de chandelle (c'est une machine à roue d'acier qui, par son mouvement rapide contre des pierres à fusil, donne beaucoup d'étincelles qui procurent une certaine clarté); mais l'entretien de ces machines est dispendieux, la lumière qu'elles donnent est assez imparfaite, et enfin leur emploi même n'est pas sans dangers, ainsi que l'expérience l'a prouvé.

On a quelquefois employé les *réflecteurs* pour porter le jour dans des puits et des galeries où l'on avait à craindre l'inflammation des gaz; mais on ne peut se servir de ce moyen que dans les cas où les travaux n'auraient que bien peu de profondeur.

A l'égard des lampes qu'on environne d'une atmosphère incombustible, elles sont fort coûteuses, très-fragiles, et demandent dans leur emploi, des soins et une intelligence dont les ouvriers seraient incapables.

Enfin, ce qui serait toujours un obstacle insurmontable, c'est que dans un air chargé de ces mofettes, les mineurs seraient suffoqués,

même indépendamment de l'inflammation des gaz : l'objet essentiel est donc de purifier totalement l'air d'une mine, et de le débarrasser de ces émanations dangereuses.

Lorsque dans une mine, il y a deux puits voisins qui se communiquent par une galerie, c'est déjà un grand avantage pour la circulation de l'air; mais, dans plusieurs cas, cela ne suffirait pas pour l'entretenir habituellement pur; alors, il faut établir un tuyau d'un assez grand diamètre, qui, du fond du puits de descente, aille traverser la galerie de communication et aboutir au fond du *puits ascendant*, si ce fond se trouve au niveau de la galerie; car s'il était plus profond, il faudrait établir à ce niveau un échaffaudage, et y entretenir un feu continu. Par ce moyen, l'air extérieur se précipite dans le puits de descente, il entre dans le tuyau de la galerie de communication, et emporte avec lui les gaz nuisibles dans le puits ascendant, où la colonne d'air se trouve considérablement raréfiée par le feu. Je regarde, dit l'auteur, ce moyen comme préférable à celui d'établir une cheminée à la partie supérieure d'un *puits d'airage*, attendu que si cette cheminée n'est pas bien exactement adaptée aux parois du puits, aussitôt le courant d'air est interrompu dans l'intérieur de la mine. D'ailleurs le feu allumé dans la profondeur du puits est plus propre que la cheminée du sommet à dilater la colonne d'air, et conséquemment à procurer un courant beaucoup plus vif.

Quand le puits de descente n'a pas de communication avec un puits d'airage, on est dans l'usage de le séparer en deux par une cloison

en planches, jusqu'au-dessous de la moitié de sa profondeur; mais c'est un expédient fort insuffisant, et il vaudrait mieux, en ce cas, avoir recours au ventilateur formé par des *trompes à eaux*.

On pourrait aussi faire usage d'un tuyau d'airage en bois d'environ 15 pouces de diamètre, dont l'ouverture inférieure serait au fond du puits, et l'ouverture supérieure adaptée au cendrier d'une espèce de poêle dont la porte serait fermée, ce qui obligerait l'air à traverser le foyer, ou il serait très-dilaté; de sorte que l'air qui est au fond du puits monterait rapidement pour le remplacer, et s'échapper ensuite par la cheminée du poêle.

Mais de toutes les méthodes, celle qui paraît la meilleure pour renouveler l'air des mines, c'est celle des galeries de communication d'un puits à un autre, ce qui entretient un courant d'air également vif et constant.

Pour procéder à une exploitation régulière, on commence par pousser deux galeries parallèles et voisines l'une de l'autre, qui se communiquent par des *percemens* (thrills) qu'on multiplie autant qu'il est nécessaire, et qu'on a soin de reboucher à mesure qu'on en fait un nouveau. L'une de ces galeries est appelée passage de l'air (*air-way or wind-gate*), et l'autre *waggon-way*, galerie de transport: c'est par là que se transportent sur des chariots (ou *chiens*) les produits de la mine, jusqu'au puits d'extraction. Quand on perce de nouvelles galeries qui viennent aboutir à celles-ci, on doit y placer des portes disposées de manière à faire circuler  
l'air

l'air dans ces nouvelles galeries; ce qui dépend de la disposition du local.

Pour prévenir les accidens qui résulteraient des explosions, il est important d'observer:

1°. Que la galerie à air soit assez spacieuse pour que l'air puisse circuler partout librement, et dans une proportion suffisante pour entraîner les gaz à mesure qu'ils s'échappent du sein de la terre: il faut avoir égard aux obstacles que ce courant d'air peut rencontrer dans sa marche, et augmenter en conséquence la largeur de la galerie; dans aucun cas, elle ne saurait avoir moins de quatre pieds et demi en carré.

2°. Ces galeries doivent être faites avec toute la solidité possible, et entretenues avec le plus grand soin.

3°. Les percemens de communication entre la *galerie à air* et la *galerie de service*, doivent être au moins aussi spacieux que la galerie à air: si plusieurs de ces percemens demeureraient ouverts, ils nuiraient au courant général, et l'on doit avoir soin d'entretenir parfaitement clos ceux qui ont été bouchés.

4°. Les portes destinées à diriger l'air dans la mine doivent être faites avec soin, fermant exactement, et solidement établies. On y met quelquefois des ressorts pour qu'elles ferment d'elles-mêmes, mais il est reconnu que les plus simples remplissent le mieux leur objet. La meilleure méthode est de faire des portes volantes qui se joignent parfaitement, et qui soient suspendues sur leurs gonds, de manière qu'elles se ferment d'elles-mêmes, et s'ouvrent avec facilité, et qu'elles puissent s'opposer au

courant d'air. Dans les mines où l'on se sert de chevaux, un homme doit promptement les ouvrir et les fermer après lui. Les portes ordinaires, à levier, comme celles qu'on emploie pour clore un chemin, sont les meilleures, mais elles sont sujettes à demeurer ouvertes quand il n'y a personne pour les fermer.

Enfin, l'on doit avoir le plus grand soin d'entretenir en bon état les voies d'airage, réparer promptement les dégâts qui pourraient y arriver, et enlever les décombres qui pourraient mettre quelque obstacle à la libre circulation de l'air.

Les anciens travaux abandonnés se remplissent bientôt de mofettes ou de grisou, suivant l'expression des mineurs du Nord de la France, et c'est à quoi il est important de remédier par la ventilation : il est vrai qu'il y a des circonstances où elle n'est pas nécessaire, c'est lorsque le *toit* et le *sol* de la mine viennent à se trouver en contact. Quand le *toit* est un roc assez solide pour supporter le terrain supérieur, on peut facilement opérer la ventilation ; mais dans les mines où la couche de houille a plus de quatre pieds d'épaisseur, et où le *toit* n'a pas par lui-même la force de soutenir le fardeau, alors le cas devient embarrassant ; car si l'on laisse subsister des massifs de houille pour servir de piliers, on diminue beaucoup le produit de l'exploitation, et l'on abandonne en pure perte une grande quantité de combustible. On prend alors le parti de les enlever successivement, et à mesure que le terrain qu'ils soutenaient vient à s'affaisser, la circulation de l'air n'est plus nécessaire.

Lorsqu'en poursuivant une exploitation l'on parvient à d'anciens travaux où se trouvent des souterrains, on ne saurait prendre trop de précautions pour éviter l'inflammation des gaz dont ils sont remplis, et bien loin d'y porter des lumières, on doit au contraire se hâter de les éteindre, c'est l'unique moyen de prévenir les accidens.

L'auteur termine sa note par des conseils utiles : dans toute mine, dit-il, où l'on peut craindre l'inflammation des gaz, les mineurs ne doivent jamais travailler le corps nu ; ils doivent être vêtus d'une étoffe de laine, et il faudrait les y contraindre pour leur propre intérêt.

Quand par malheur il arrive une explosion, ceux qui s'y trouvent exposés doivent sur-le-champ se jeter à terre, et se couvrir du mieux qu'ils peuvent ; s'approcher ensuite en rampant, du côté d'où vient l'air extérieur, afin de n'être pas asphyxiés par le gaz azote qui reste après la combustion des gaz inflammables. Quand il arrive que des malheureux tombent asphyxiés par l'effet de ce gaz, il faut bien vite les placer à un courant d'air salubre, les transporter hors de la mine, et leur administrer les remèdes *excitans* indiqués en pareil cas.

Quand on veut pénétrer dans des travaux abandonnés depuis long-tems, on doit toujours commencer par s'assurer si cette mine était sujette aux mofettes inflammables.

L'usage vicieux où l'on est de laisser des échafaudages dans les puits de mines sans avoir soin d'aérer la partie inférieure de ces puits, a souvent donné lieu à des explosions funestes.

Il serait à désirer, dit l'auteur, qu'on fît un recueil de toutes les observations de ce genre, pour le mettre habituellement sous les yeux des mineurs (1).

(1) Nous ne devons pas omettre de rappeler ici à nos lecteurs que M. Baillet, inspecteur-divisionnaire au Corps impérial des Mines, a publié, il y a déjà long-tems, un Mémoire sur le même sujet. Ce Mémoire a été inséré dans le *Journal des Mines*, tom. 3, n°. 18, pag. 1. (*Note des Rédacteurs.*)

---



---

## N O T I C E

### SUR LA PÉNÉTRATION APPARENTE

#### ET SUR LA RARÉFACTION

*Qu'on observe lorsqu'on mêle l'eau et l'alkohol  
en différentes proportions (1).*

DEPUIS l'époque où le hasard conduisit Réaumur à remarquer qu'un mélange d'eau et d'alkohol avait une densité supérieure à celle qui

---

(1) On sait que quand on mêle certains corps, le volume du mélange est plus petit ou plus grand que la somme des volumes pris séparément (*Voyez la Physique et le Traité de Minéralogie* de M. Haüy). Suivant qu'il y a pénétration apparente ou raréfaction, la pesanteur spécifique et la densité du mélange sont augmentées ou diminuées; on peut facilement calculer ces augmentations ou diminutions, en se servant de la formule suivante :

$$p = \frac{co(d+f)}{cd+of}$$

Dans cette formule que M. Haüy a donnée dans son *Traité de Minéralogie*, Tome III, page 380,  $p$  est (dans la supposition où il n'y aurait ni pénétration apparente, ni raréfaction) la pesanteur spécifique d'un mélange composé de deux corps  $A$  et  $B$ ,  $\frac{d}{f}$  le rapport entre les poids absolus des quantités de  $A$  et de  $B$  qui composent le mixte,  $o$  la pesanteur spécifique de  $A$ , et  $c$  celle de  $B$ .

devait résulter de la proportion des liquides employés, plusieurs physiciens ont cherché à déterminer la loi de cette pénétration apparente. Pour arriver à cette connaissance, ils ont fait de nombreuses expériences, et ont tous été conduits à regarder la diminution de volume comme ayant toujours lieu, quelle que soit d'ailleurs la densité de l'alkohol dont on se sert. L'élévation de la température du mélange est une conséquence nécessaire de la diminution de volume, et, à cet égard, l'expérience n'offre rien que la théorie n'ait pu prédire. Le succès n'ayant pas couronné les tentatives faites pour découvrir une loi dont l'existence n'est pas douteuse, mais qui semble se cacher sous les apparences de l'irrégularité, les physiciens ont été réduits à construire des tables fort étendues qui fussent pour l'usage, mais laissent cependant toujours quelque chose à désirer. C'est, sans doute, dans l'intention de remplir cette lacune que M. Thillaye a entrepris une série d'expériences qu'il a faites avec beaucoup de soins, et qui, si elles n'ont pas résolu la question, ont au moins fait connaître un fait intéressant qui jusqu'alors n'avait point été remarqué, et dont nous allons rendre compte.

Si l'on prend de l'alkohol déjà affaibli, et qu'on le mêle avec de l'eau, il y aura diminution ou augmentation de volume suivant la proportion d'eau ajoutée. Le tableau des expériences placé à la suite de cette notice, offre la preuve de cette assertion. Il est inutile d'observer qu'on a eu le soin de ne prendre la densité du mélange que lorsque la température

était la même que celle des liquides employés (1). La densité primitive de l'alkohol étant 9544, (celle de l'eau étant 10,000), l'expérience a donné, ainsi que le tableau le fait voir, une densité plus grande que celle déduite du calcul, tant que la quantité d'alkohol a été supérieure à celle de l'eau; mais du moment où les proportions ont été égales, le contraire a eu lieu, et dès-lors, la raréfaction a succédé à la pénétration apparente.

Le même tableau fait encore voir que la densité primitive de l'alkohol étant 9600, le volume du mélange n'éprouve aucune altération quand on a mêlé quatre parties d'eau avec six parties d'alkohol.

M. Thillaye a répété des expériences analogues en se servant d'alkohol, dont les densités primitives étaient 9688 et 9750. Toutes ces expériences ont prouvé, qu'en partant de ces densités, l'augmentation de volume est constante en quelque proportion qu'on unisse les deux liquides.

Ces résultats, auxquels nous pourrions en ajouter beaucoup d'autres, sont plus que suffisants pour établir que la pénétration apparente de l'eau et de l'alkohol, n'a plus lieu lorsque l'alkohol employé est déjà affaibli par l'addition d'une quantité suffisante d'eau.

Il se présente ici une autre anomalie qui doit également fixer l'attention des physiciens.

(1) Toutes les expériences ont été faites à la température de 12 degrés du thermomètre de Réaumur.

L'augmentation de volume que subit le mélange est accompagnée d'une élévation de température capable de faire monter le thermomètre de plusieurs degrés : effet qui est en opposition avec ce que nous savons relativement à la marche du calorique, lors des variations de volume que subissent les corps ; et qu'il serait peut-être possible d'expliquer d'une manière plausible. Mais nous nous contenterons d'énoncer cet effet jusqu'à ce que de nouvelles expériences, en donnant des résultats analogues, permettent d'en déduire des conséquences moins hasardées.

TABLEAU DES EXPÉRIENCES.

| Densité primitive de l'alkohol. | VOLUMES |            | DENSITÉS            |                           | Différences. |
|---------------------------------|---------|------------|---------------------|---------------------------|--------------|
|                                 | d'eau.  | d'alkohol. | déduites du calcul. | données par l'expérience. |              |
| 9544                            | 1       | 9          | 9590                | 9598                      | + 8          |
| <i>Id.</i>                      | 2       | 8          | 9635                | 9646                      | + 11         |
| <i>Id.</i>                      | 3       | 7          | 9681                | 9690                      | + 9          |
| <i>Id.</i>                      | 4       | 6          | 9725                | 9731                      | + 6          |
| <i>Id.</i>                      | 5       | 5          | 9772                | 9768                      | - 4          |
| <i>Id.</i>                      | 6       | 4          | 9818                | 9807                      | - 11         |
| <i>Id.</i>                      | 7       | 3          | 9863                | 9850                      | - 13         |
| <i>Id.</i>                      | 8       | 2          | 9909                | 9895                      | - 14         |
| <i>Id.</i>                      | 9       | 1          | 9954                | 9943                      | - 11         |
| 9600                            | 1       | 9          | 9640                | 9648                      | + 8          |
| <i>Id.</i>                      | 2       | 8          | 9680                | 9689                      | + 9          |
| <i>Id.</i>                      | 3       | 7          | 9720                | 9724                      | + 4          |
| <i>Id.</i>                      | 4       | 6          | 9760                | 9760                      | 0            |
| <i>Id.</i>                      | 5       | 5          | 9800                | 9792                      | - 8          |
| <i>Id.</i>                      | 6       | 4          | 9840                | 9828                      | - 12         |
| <i>Id.</i>                      | 7       | 3          | 9880                | 9867                      | - 13         |
| <i>Id.</i>                      | 8       | 2          | 9920                | 9907                      | - 13         |
| <i>Id.</i>                      | 9       | 1          | 9960                | 9950                      | - 10         |

---

 A N N O N C E S
 

---

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

---

## N O T E

*Sur la Précipitation de l'argent par le cuivre ;*  
par M. GAY-LUSSAC.

LA plupart des chimistes pensent que le précipité obtenu, en laissant une lame de cuivre dans du nitrate d'argent, est un alliage des deux métaux, et qu'il serait par conséquent impossible d'obtenir de l'argent pur par ce moyen. Le fait est vrai, lorsqu'on n'a égard à aucune circonstance particulière ; mais en examinant les diverses époques de la précipitation, et en faisant attention aux causes qui la produisent, on reconnaît bientôt qu'il est facile d'obtenir de l'argent exempt du cuivre avec lequel on l'a précipité.

En effet, les premières portions d'argent qui se séparent sont ordinairement pures, et ne colorent pas l'ammoniaque en bleu, lorsqu'elles ont été dissoutes dans l'acide nitrique ; ce n'est qu'à mesure que le cuivre entre en dissolution qu'on en trouve dans le précipité ; de sorte que, vers la fin de l'opération, la quantité en est très-notable. Si donc on séparait les premières portions d'argent, on les trouverait exemptes de cuivre : mais pour en obtenir des quantités considérables, on pourra, comme je l'ai fait, prendre tout le précipité d'argent, le laver, et le faire digérer avec une petite quantité de nitrate d'argent ; par ce moyen, le cuivre rentrera en dissolution, et précipitera une quantité d'argent correspondante.

Je suis loin de penser que l'action mutuelle des métaux ne puisse déterminer la formation d'alliages dans les précipitations métalliques ; je conclus seulement que dans l'expérience que je viens de rapporter, ce n'est pas l'affinité de l'argent pour le cuivre qui a déterminé la précipitation de ce dernier ; puisque dans ce cas, on aurait dû avoir un alliage identique aux diverses époques de la précipitation ; et, de plus, on ne pourrait point détruire cet alliage en le mettant en contact avec une nouvelle quantité de nitrate d'argent. La précipitation étant due, en général, à un procédé galvanique ; il me paraît que le cuivre qui est réduit par l'hydrogène de même que l'argent, est précipité avec ce métal par la même cause. Plusieurs autres précipitations métalliques présenteraient des résultats analoges. (*Ext. des Ann. de Chim.*)

## A N A L Y S E D U M I S P I C K E L ;

Par M. CHEVREUL.

Le mispickel, chauffé dans une cornue de verre, donne un sublimé d'arsenic métallique contenant une très-petite quantité de sulfure ; le résidu est du fer sulfuré retenant des traces d'arsenic. D'après l'analyse du sublimé par la potasse et celle du résidu par l'acide nitrique, M. Chevreul a conclu que le mispickel était formé de :

|                  |         |
|------------------|---------|
| Arsenic. . . . . | 43,418  |
| Fer. . . . .     | 54,958  |
| Soufre. . . . .  | 20,154  |
|                  | <hr/>   |
|                  | 98,490  |
| Perte. . . . .   | 1,510   |
|                  | <hr/>   |
|                  | 100,000 |

Cette analyse démontre que dans le mispickel le fer et le soufre se trouvent dans le rapport où ces corps constituent

le sulfure au *minimum* ; car si l'on calcule la quantité de soufre que 34,938 de fer doivent absorber, on trouve 20,526 au lieu du nombre 20,134 que M. Chevreul a trouvé par l'expérience.

De ce qu'on obtient du mispickel distillé, du sulfure de fer et de l'arsenic, on ne peut en conclure que le mispickel contienne le fer à l'état de sulfure, parce que l'on sait que le fer distillé avec le sulfure d'arsenic le convertit en sulfure ; par conséquent, si le mispickel était formé de sulfure d'arsenic et de fer, ou bien si le soufre était en même tems combiné aux deux métaux, on obtiendrait toujours pour résultat de l'arsenic et du sulfure de fer. Mais si l'on considère le rapport du fer et du soufre, si l'on considère que l'affinité du fer pour le soufre paraît être supérieure à celle de l'arsenic pour le même corps, il sera permis de penser que le mispickel peut bien être une combinaison d'arsenic et de sulfure de fer au *minimum*. (*Extrait du Bull. des Sciences.*)

## DÉCRETS IMPÉRIAUX,

*Et principaux Actes émanés du Gouvernement, sur les Mines, Minières, Usines, Salines et Carrières, pendant les mois de mai et juin de l'année 1811.*

*Décret relatif à l'Assiette des Redevances fixes et proportionnelles sur les Mines. — Du 6 Mai 1811.*

NAPOLÉON, EMPEREUR DES FRANÇAIS, ROI D'ITALIE, PROTECTEUR DE LA CONFÉDÉRATION DU RHIN, MÉDIATEUR DE LA CONFÉDÉRATION SUISSE ; Redevances sur les Mines.

Sur le rapport de notre Ministre de l'Intérieur ;  
Notre Conseil d'État entendu ;

Voulant pourvoir au mode de recouvrement des redevances fixes et proportionnelles à percevoir sur les mines, en exécution des articles 53, 54, 52 et 54 de la loi du 21 avril 1810 ;

Considérant qu'aux termes de la loi, aucune mine ne peut être exploitée sans concession ;

Qu'il existe un grand nombre de mines qui n'ont encore pu être concédées, et qui cependant sont en pleine exploitation sans titre légal ;

Qu'à la rigueur ces extractions devraient être suspendues ;

Que cependant elles fournissent aux besoins du commerce, et qu'il est juste d'accorder aux exploitans de bonne foi le tems de remplir les formalités nécessaires pour se mettre en règle et obtenir des concessions ;

Qu'en attendant, les exploitans continueront de jouir des mines et de s'en attribuer le produit ;

Qu'étant provisoirement admis à participer aux mêmes avantages que les concessionnaires, il est conforme aux

principes de la justice et du bon ordre, qu'ils en partagent les charges,

Nous avons décrété et décrétons ce qui suit :

### TITRE I<sup>er</sup>.

#### *Assiette de la Redevance fixe.*

#### SECTION I<sup>re</sup>.

##### *Assiette de la Redevance fixe sur les Mines concédées.*

ART. 1<sup>er</sup>. Immédiatement après la publication du présent décret, chaque Préfet fera dresser le *tableau de toutes les mines concédées* existant dans son département.

2. Ces *tableaux* des concessions de mines énonceront (conformément au modèle n<sup>o</sup>. 1<sup>er</sup>.) le nom et la désignation de la mine concédée, sa situation; les noms, professions et demeures des concessionnaires; la désignation et la date du titre de concession; l'étendue de la concession exprimée en kilomètres carrés et fractions de kilomètre carré jusqu'à deux décimales, et la somme à percevoir.

3. S'il n'y a pas de double des titres de concession d'une mine déposé à la préfecture, le Préfet en instruira immédiatement le concessionnaire, qui, dans le délai d'un mois, sera tenu d'en faire le dépôt, en original ou expédition authentique, et il lui en sera remis un récépissé: faute par lui de fournir son titre, la contenance de sa concession sera provisoirement portée au *tableau*, sur le pied de l'évaluation approximative qui en sera faite par le Préfet, sur l'avis de l'ingénieur des mines; le concessionnaire sera imposé en conséquence, sauf le dégrèvement comme il sera dit art. 7.

4. La réduction en nouvelles mesures de l'étendue superficielle énoncée en mesures anciennes dans les actes de concession, sera opérée par les ingénieurs des mines; et leurs procès-verbaux de réduction seront annexés aux titres déposés dans les préfectures, et copie en sera remise aux concessionnaires.

5. Si la contenance superficielle d'une concession ne se trouve point énoncée dans le texte du titre, soit en kilomètres carrés, soit en lieues carrées, soit en toute autre

mesure anciennement en usage, le Préfet en prévendra immédiatement le concessionnaire, qui sera tenu de justifier, dans le délai d'un mois, par un arpentage légal, ou relevé sur des cartes exactes, de la surface rigoureusement contenue dans les limites prescrites par l'acte de concession; et, faute par lui de faire cette justification, la contenance du terrain sera provisoirement portée sur le *tableau*, et la redevance provisoirement exigible, conformément à la disposition de l'article 3 ci-dessus.

6. La vérification de la surface des concessions sera faite par l'ingénieur des mines du département; à cet effet, les concessionnaires qui seront dans le cas de l'article précédent, fourniront un plan de leur concession en triple expédition, et dressé sur une échelle de dix millimètres pour cent mètres: ce plan, accompagné d'un procès-verbal d'arpentage détaillé, sera envoyé au Préfet, qui le transmettra à l'ingénieur des mines, pour être vérifié sur le terrain s'il y a lieu, et visé par lui.

7. Aussitôt que les concessionnaires qui seraient restés en retard relativement à l'exécution des articles 3, 5 et 6 ci-dessus, auront satisfait aux dispositions prescrites par ces mêmes articles, ils seront admis en dégrèvement, en raison de la différence de l'étendue réelle de leur concession, d'avec celle qui leur aura été provisoirement attribuée sur les *tableaux* et sur les *rôles*, en vertu de la décision du Préfet, mais seulement pour l'avenir.

8. La contenance des concessions anciennes, dont la surface excède le *maximum*, et qui n'ont point été réduites conformément à la loi de 1791, sera portée sur les *tableaux* pour son étendue actuelle, jusqu'à l'époque où les concessionnaires se seront mis en règle pour obtenir la fixation définitive des limites de leurs concessions et celle de la redevance.

9. Quant aux concessions dont le titre n'exprimerait ni contenance superficielle positive, ni limites suffisamment précisées pour que la justification exigée par les articles 5 et 6 fût actuellement praticable, elles seront taxées, par provision, conformément à la disposition de l'article 3, jusqu'à la fixation définitive des limites.

10. Les *tableaux des concessions* de mines arrêtés par les Préfets serviront de *matrices de rôle*; ils seront rec-

tifiés chaque année, soit par suite de mutation de propriété, soit en raison des réductions ou augmentations survenues en vertu de décisions légales, et seront transmis, pour la confection des rôles, aux directeurs des contributions directes.

## SECTION II.

*Assiette de la Redevance fixe sur les Mines exploitées sans concession régularisée, ou sans aucune concession.*

11. Immédiatement après la publication du présent décret, chaque Préfet fera dresser le *tableau des mines exploitées* dans son département sans concession régularisée, ou sans aucune concession.

Ces *tableaux* énonceront (conformément au modèle n<sup>o</sup>. II) le nom et la désignation de la mine exploitée sans concession, sa situation; les noms, professions et demeures des exploitans; la date de leur demande en concession, confirmation ou limitation de concession; l'étendue superficielle du terrain qui leur aura été provisoirement assigné ou attribué par les autorités anciennes ou actuelles, ou sur lequel s'étend leur exploitation, quoique les limites n'en aient pas encore été déterminées, exprimée en kilomètres carrés jusqu'à deux décimales, et la somme à percevoir.

12. Les particuliers qui exploitent des mines non encore concédées, et qui ne sont point en règle, seront tenus de faire, dans le mois de la publication du présent décret, une déclaration de la contenance superficielle du terrain dont ils veulent obtenir la concession. Le Préfet, après avoir pris l'avis de l'ingénieur des mines, évaluera la quotité de surface à attribuer provisoirement à l'exploitant; celui-ci sera imposé en conséquence, sauf son recours en dégrèvement, s'il y a lieu, dès qu'il aura obtenu une concession.

13. Les exploitans non concessionnaires qui négligeront de se conformer à l'article précédent, seront considérés comme occupant une étendue superficielle égale au *maximum* fixé par la loi du 28 juillet 1791; et ils seront portés

au

au tableau pour être taxés en conséquence, sauf dégrèvement lorsqu'ils se seront mis en règle.

14. Les *tableaux des mines exploitées sans concession*, ainsi formés, seront arrêtés par les Préfets, et serviront provisoirement de *matrices de rôles*; ils seront rectifiés chaque année, soit en raison des mutations, quant aux exploitans, soit en raison des réductions ou augmentations survenues en vertu de décisions légales, et seront transmis, pour la confection des rôles, aux directeurs des contributions directes.

15. Les concessionnaires de mines et les exploitans non concessionnaires ne pourront, dans aucun cas, se prévaloir de la quotité de surface qui leur aura été provisoirement attribuée sur les tableaux et rôles concernant la redevance fixe, pour inquiéter ou troubler les exploitations voisines, ni pour appuyer aucune de leurs prétentions sur la fixation définitive de l'étendue et des limites de leur exploitation.

## TITRE II.

*Assiette de la Redevance proportionnelle.*

SECTION I<sup>re</sup>.

*Assiette de la Redevance proportionnelle sur les Mines concédées.*

16. La *matrice de rôle* pour la redevance proportionnelle sur les mines concédées qui sont en extraction, sera dressée d'après des *états d'exploitation* (conformes au modèle n<sup>o</sup>. IV).

17. Il y aura un *état d'exploitation* pour chaque mine concédée: la confection en sera divisée en deux parties, savoir, 1<sup>o</sup>. la partie descriptive, 2<sup>o</sup>. la proposition de l'évaluation du produit net imposable.

18. La partie descriptive des états d'exploitation sera faite par l'ingénieur des mines du département, après avoir appelé et entendu les concessionnaires et leurs agens, conjointement avec les maires et adjoints de la commune ou des communes sur lesquelles s'étendent les concessions, et

les deux répartiteurs communaux qui seront les plus forts imposés.

Elle comprendra le nom et la nature des mines, le numéro des articles, les noms des communes; les noms, professions et demeures des concessionnaires, possesseurs ou usufruitiers; la désignation sommaire des ouvrages souterrains entretenus et exploités, ainsi que celle des machines; enfin, la désignation des bâtimens et usines servant à l'exploitation.

19. La proposition de l'évaluation du produit net imposable, sera faite par les mêmes individus désignés à l'article précédent, et portée à l'avant-dernière colonne du tableau.

La déclaration du produit net du revenu à laquelle se tiendront le propriétaire ou ses agens, sera mentionnée au tableau si elle diffère de l'évaluation.

20. Les Préfets régleront les époques auxquelles les ingénieurs des mines, maires, adjoints et répartiteurs, devront se réunir, de manière que la partie descriptive des états d'exploitation et la proposition d'évaluation soient achevées sans délai cette année, et que par la suite elles aient subi, avant le 15 mai de chaque année, les changemens qu'il sera nécessaire d'y faire annuellement.

21. Les mines dont la concession superficielle s'étendra sur deux ou plusieurs communes, seront portées sur les états d'exploitation, au nom de la commune où sont situés les bâtimens d'exploitation, usines et maisons de direction. Il en sera de même des mines dont la concession superficielle s'étendra sur les frontières de deux ou plusieurs départemens.

22. Les états ainsi préparés, seront certifiés et signés par les ingénieurs des mines, maires, adjoints et répartiteurs qui auront concouru à leur formation.

23. D'après ces états, l'ingénieur des mines fera préparer la *matrice de rôle* (conformément au modèle n. V), en y laissant en blanc la colonne des évaluations définitives du produit net imposable; il transmettra le tout au Préfet, qui le soumettra au comité d'évaluation.

24. Ce comité sera composé du Préfet, de deux membres du conseil général du département nommés par le Préfet, du Directeur des contributions et de l'ingénieur des

mines, et de deux des principaux propriétaires de mines dans les départemens où il y a un nombre d'exploitations suffisant.

25. Le comité est chargé de déterminer les évaluations définitives du produit net imposable de chaque mine, d'en faire porter l'expression au bas de chaque état d'exploitation, à l'avant-dernière colonne de la matrice du rôle, et d'arrêter les états et matrices.

26. Le comité d'évaluation procédera aux appréciations du produit net imposable, soit d'office, soit en ayant égard aux déclarations des exploitans qui les auront fournies.

27. Les exploitans, concessionnaires ou usufruitiers, ou leurs ayans-cause, seront tenu de remettre au secrétaire de la préfecture, le plutôt possible, pour cette année, et, pour les années suivantes, avant le 1<sup>er</sup> mai, la *déclaration détaillée* du produit net imposable de leurs exploitations; faute de quoi, l'appréciation aura lieu d'office.

28. Pour éclairer le comité, le Préfet et l'ingénieur des mines réuniront d'avance tous les renseignemens qu'ils jugeront nécessaires, notamment ceux concernant le produit brut de chaque mine, la valeur des matières extraites ou fabriquées, le prix des matières premières employées et de la main-d'œuvre, l'état des travaux souterrains, le nombre des ouvriers, les ports ou lieux d'exportation ou de consommation, et la situation plus ou moins prospère de l'établissement. Le comité d'évaluation aura égard à ces renseignemens.

Ces éclaircissemens seront, autant que possible, placés dans de nouvelles colonnes ajoutées, selon les lieux et les circonstances, au modèle d'état n. IV.

Pour la présente année, le revenu net de 1810 servira de base aux appréciations; et cette évaluation se fera, soit en suivant les formes indiquées aux articles 16 et suivans, soit d'après les renseignemens énoncés au présent article et l'avis du comité.

29. Les états d'exploitation et la matrice de rôle pour les mines concédées, resteront déposés chez le Directeur des contributions, pour servir à la confection des rôles.

## SECTION II.

*Assiette de la Redevance proportionnelle sur les Mines non concédées.*

30. Il sera procédé, pour les mines non concédées régulièrement, ou exploitées sans aucune concession, comme pour les mines concédées; mais les états d'exploitation seront intitulés différemment. Il y aura une matrice de rôle séparée, conforme au modèle n°. VII.

Chaque état d'exploitation, considéré comme section, formera un article dans la matrice de rôle.

## TITRE III.

*Abonnemens pour la Redevance proportionnelle.*

31. Les exploitans, concessionnaires ou non concessionnaires, qui désireront jouir de la faveur de l'abonnement, déposeront, dans le délai d'un mois après la publication du présent décret, pour les années 1811 et 1812, et pour les années ultérieures avant le 15 avril, au secrétariat de la préfecture de leur département, leur *soumission* appuyée de motifs détaillés: il leur en sera délivré un reçu.

Faute par ces exploitans de déposer leur soumission dans le délai prescrit, ils seront imposés proportionnellement à leur revenu net présumé, comme il est dit au titre précédent.

32. Les soumissions d'abonnement pour 1811 et 1812 pourront être acceptées sur l'avis des Préfets par le Directeur général des mines, d'après une estimation, faite sur les renseignemens indiqués à l'article 28, du produit des mines pour lesquelles sera proposé l'abonnement.

33. Pour les années 1813 et suivantes, les soumissions d'abonnement seront acceptées, modifiées ou rejetées, après avoir pris l'avis du comité d'évaluation, lorsque les opérations prescrites au titre II auront eu lieu.

34. Les abonnemens seront approuvés, savoir:

Par le Préfet, sur l'avis de l'Ingénieur des mines, quand l'évaluation du revenu net donnera une redevance au-dessous de mille francs;

Par le Ministre de l'Intérieur, sur le rapport du Directeur général, quand la redevance sera au-dessus de mille jusqu'à trois mille francs.

Et, au-dessus de trois mille francs, par un décret rendu en Conseil d'État.

35. L'état certifié des abonnemens qui auront été admis, sera transmis au Directeur des contributions pour être employé sur le rôle; il accompagnera le *mandement* qui sera annuellement délivré par le Préfet pour l'imposition de la redevance proportionnelle.

## TITRE IV.

*De la Confection des Rôles.*

SECTION I<sup>re</sup>.

*Des Rôles pour la redevance fixe.*

36. Chaque Directeur des contributions fera dresser le rôle de la redevance fixe sur les mines concédées et sur les mines exploitées sans concession régulière ou sans aucune concession, d'après le tableau qui lui sera transmis chaque année par le Préfet.

37. Le rôle confectionné (conformément au modèle n°. III) énoncera les noms, qualités et demeures des concessionnaires, usufruitiers et exploitans non concessionnaires; le nom de la mine concédée ou exploitée sans concession, celui de la commune où devra se faire la perception; enfin l'étendue superficielle de la concession, ou bien celle du terrain provisoirement assigné ou attribué à l'exploitation. La cote se composera du montant de la redevance telle qu'elle aura été portée sur le tableau fourni par le Préfet, du montant des dix centimes additionnels pour fonds de non-valeur, et du montant des centimes pour frais de perception.

Après avoir été vérifié et rendu exécutoire par le Préfet, le rôle sera renvoyé au Directeur des contributions, chez lequel il restera déposé.

## SECTION II.

*Des Rôles de la redevance proportionnelle.*

38. Les rôles pour la redevance proportionnelle sur les mines exploitées en vertu d'une concession ou sans concession, seront dressés par le Directeur des contributions (conformément au modèle n. VIII), d'après les matrices, états d'abonnement et mandemens des Préfets.

39. A cet effet, le Directeur des contributions imposera, sur chaque exploitant non abonné, une somme égale au vingtième du produit net de son exploitation; il portera à l'article de chaque abonné le montant de son abonnement, et il ajoutera aux cotes, soit de l'abonnement, soit de la redevance déterminée officiellement, le montant des dix centimes additionnels pour fonds de non-valeur, et celui des centimes pour frais de perception.

Le rôle ainsi confectionné sera adressé au Préfet, pour être vérifié et rendu exécutoire: il restera déposé chez le Directeur des contributions.

## TITRE V.

*Du Recouvrement.*

40. Le recouvrement des redevances fixes et proportionnelles sera effectué par le percepteur des contributions de la commune où est située la mine. Lorsque le terrain concédé ou provisoirement assigné et attribué aux exploitans non concessionnaires, embrassera plusieurs communes, le percepteur de la commune où seront situés les bâtimens, usines et maisons de direction, sera seul chargé du recouvrement.

41. Les percepteurs poursuivront les recouvrements sur des rôles délivrés par le Directeur des contributions, vérifiés et certifiés par le Préfet.

42. La somme à allouer pour les frais de perception aux percepteurs, receveurs d'arrondissement et receveurs généraux, sera réglée, ainsi que le mode de paiement ou de retenue, par une décision de notre Ministre des Finances.

43. Il sera fait écriture séparée de la perception des redevances fixes et proportionnelles dans les journaux et registres des receveurs d'arrondissement et receveurs généraux.

## TITRE VI.

*Des Décharges, Réductions, Remises et Modérations.*

44. Tout particulier concessionnaire ou non concessionnaire exploitant de mines, qui, par vente, bail, cessation de travaux ou toute autre cause légale, aurait cessé d'être imposable aux redevances fixes et proportionnelles, et qui aurait été porté sur les rôles, et tous ceux qui réclameront des réductions, soit en raison des taxes d'office, faute d'avoir fait régulariser en temps utile leurs exploitations, soit pour cause d'erreurs dans l'énoncé de l'étendue superficielle des concessions, adresseront leurs réclamations au Préfet.

45. Ces réclamations seront accompagnées de pièces justificatives; elles seront renvoyées à l'Ingénieur des mines, qui, après avoir fait les vérifications nécessaires, fournira son avis motivé.

46. S'il y a lieu à ce que la cote soit réduite, le conseil de préfecture prononcera la quotité de la réduction, sauf le pourvoi selon les lois.

47. Les exploitans concessionnaires ou non concessionnaires qui se croiront trop imposés à la redevance proportionnelle, se pourvoiront également par-devant le Préfet.

48. Le Préfet enverra les réclamations aux sous-préfets de l'arrondissement, au Directeur des contributions, et à l'Ingénieur des mines, pour avoir leur avis; il enverra aussi au Maire de la commune, pour avoir l'avis des répartiteurs qui auront été entendus selon l'article 18, et il soumettra le tout au conseil de préfecture, qui prononcera sur la réduction de la cote.

49. Si les sous-Préfet, Directeur des contributions, et Ingénieur des mines, ne conviennent pas de la sur-taxe, deux experts seront nommés, l'un par le Préfet et l'autre par le réclamant. A l'époque fixée par le Préfet, ces experts se rendront sur les lieux avec le Contrôleur des

contributions ; et , en présence de l'Ingénieur des mines et du réclamant ou de son fondé de pouvoir , ils vérifieront les faits exposés dans la réclamation , et rectifieront , s'il y a lieu , l'appréciation du revenu net de l'exploitation.

50. Le Contrôleur des contributions rédigera un procès-verbal des dires des experts et des parties intéressées ; il y joindra son avis , ainsi que celui de l'Ingénieur des mines , et adressera le tout au sous-Préfet , qui le transmettra au Préfet. Le conseil de préfecture , après avoir vu l'avis du Directeur des contributions , prononcera sur la réclamation , sauf le pourvoi , comme il est dit art. 46.

51. Les frais d'expertise , de présence et de vérification , seront réglés par le Préfet.

52. Quand la réclamation aura été reconnue non fondée , les frais seront supportés par le réclamant.

53. Si elle est reconnue fondée , les frais seront pris sur la portion du fonds de non-valeur mise à la disposition du Préfet , ainsi qu'il sera dit ci-après.

54. Lorsque , par des événemens extraordinaires , un exploitant aura éprouvé des pertes , il adressera sa pétition détaillée au Préfet , qui la renverra à l'Ingénieur des mines.

L'Ingénieur se transportera sur les lieux , vérifiera les faits en présence des Maires , constatera la quotité de la perte , et en adressera un procès-verbal détaillé au Préfet , qui prendra l'avis du sous-Préfet de l'arrondissement et du Directeur des contributions.

55. Le Préfet réunira les différentes demandes qui lui auront été faites , dans le cours de l'année , en remises et modérations ; et l'année expirée , il fera entre les contribuables dont les réclamations auront été reconnues justes et fondées , la distribution des sommes qu'il pourra accorder sur les fonds de non-valeur mis à sa disposition.

56. L'état de distribution sera envoyé au Directeur général des mines , pour être soumis au Ministre de l'Intérieur et recevoir son approbation.

57. Sur les dix centimes imposés additionnellement à la redevance proportionnelle , moitié est mise à la disposition des Préfets pour être employée aux frais de confection des états , tableaux , matrices et rôles , aux décharges et réductions , remises et modérations , ainsi qu'aux frais

d'expertise et de vérification des réclamations en dégrèvement ; l'autre moitié restera à la disposition particulière du Ministre de l'Intérieur , et sera destinée principalement à accorder des supplémens de fonds aux Départemens auxquels le *maximum* des centimes additionnels ne suffirait pas pour faire face aux dépenses précédemment énoncées , et à accorder des remises et modérations extraordinaires aux Départemens où les exploitations auraient éprouvé des accidens majeurs.

58. Nos Ministres de l'Intérieur et des Finances sont chargés , chacun en ce qui le concerne , de l'exécution du présent décret , qui sera inséré au Bulletin des Lois.

Signé NAPOLÉON.

PAR L'EMPEREUR : le Ministre Secrétaire d'Etat ,

Signé LE COMTE DARU.

*Note des Rédacteurs.* Les modèles des tableaux dont il a été question sont placés à la suite du décret. Nous n'avons pas fait imprimer ici ces modèles , non-seulement parce qu'en raison de leurs formes il serait difficile de les insérer dans ce Recueil , mais plus encore parce qu'ils ne sont pas nécessaires pour mettre le lecteur à portée de prendre une connaissance exacte des dispositions du décret.

*Décret relatif aux mines de mercure du département du Mont-Tonnerre. — Du 11 juin 1811.*

NAPOLÉON , EMPEREUR DES FRANÇAIS , etc. etc. etc.

Sur le rapport de notre Ministre de l'Intérieur ;

Notre Conseil d'Etat entendu ; nous avons décrété et décrétons ce qui suit :

Art. 1. Il est fait remise aux actionnaires des mines de mercure du département du Mont-Tonnerre , d'une somme de vingt-neuf mille quatre cent vingt-neuf francs soixante-dix centimes , formant le quart de celle dont ils doivent compter au Gouvernement , tant pour solde de la liquidation de 1800 , que pour droits à prélever sur ces mines , au profit de l'Etat , depuis le premier janvier 1801 , jusqu'au 31 décembre 1810 , droits compris sous les noms de *Dixmes , actions franches , actions à titres privés , droits de préemption et quaternbergeld*.

2. Notre Ministre de l'Intérieur fera connaître à chaque

Mines de mercure du département du Mont-Tonnerre.

société, par l'intermédiaire du Directeur-général des Mines, la somme dont elle est restée débitrice envers l'Etat, en vertu de l'article précédent; cette somme devra être entièrement acquittée d'ici au premier janvier 1814, et versée dans la caisse du fonds spécial des mines.

3. Il est fait remise aux actionnaires des mines de mercure de la somme de trois mille trois cent soixante-dix-sept francs quarante-quatre centimes, mise premièrement à la charge de la mine de Freyerville, et depuis à la charge de toutes les sociétés, comme solidaires l'une pour l'autre, pour créance antérieure au premier nivôse an 6.

4. A dater du premier janvier 1811, les mines de mercure du département du Mont-Tonnerre, paieront les redevances fixe et proportionnelle établies par la loi du 21 avril 1810, sans préjudice des droits réservés au Gouvernement, par l'art. 41 de cette loi.

5. Nos Ministres de l'Intérieur et des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

*Avis du Conseil d'Etat relatif aux mines d'alun de la Tolfa et dépendances. — Approuvé par S. M. I. et R., le 15 juin 1811.*

Mines d'alun de la Tolfa.

Le Conseil d'Etat qui, sur le renvoi ordonné par Sa Majesté, a entendu le rapport de la Section de l'Intérieur, relatif tant à la propriété réclamée par la Compagnie Lavaggi, des mines d'alun de la Tolfa et dépendances, situées dans les Etats romains, qu'au bail à ferme passé entre ladite Compagnie et le Pape, pour les mêmes mines d'alun et dépendances:

Est d'avis, que la réunion des Etats romains à l'Empire n'a pu et dû rien changer à la position dans laquelle se trouvait la Compagnie Lavaggi, et aux divers arrangemens qu'elle avait faits avec le Pape; sauf aux intéressés à se pourvoir devant le Ministre des Finances, pour la liquidation de leur compte; et devant le Ministre de l'Intérieur, dans le cas où ils voudraient se prévaloir des dispositions de la loi du 21 avril 1810.

FIN DU VINGT-NEUVIÈME VOLUME.

## TABLE DES ARTICLES

*CONTENS dans les six Cahiers du Journal des Mines, formant le premier Semestre de 1811, et le vingt-neuvième volume de ce Recueil.*

N<sup>o</sup>. 169. JANVIER 1811.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| De la Richesse minérale, ou Considérations sur les Mines, Usines et Salines des différens Etats, et particulièrement du royaume de Westphalie, pris pour terme de comparaison; avec une Carte du royaume de Westphalie et des pays circonvoisins; par M. Héron de Villefosse, Inspecteur-divisionnaire au Corps impérial des Mines. Extrait par M. Tonnelier, Conservateur du Cabinet de Minéralogie de l'Ecole impériale des Mines, etc. . . . . | Page 5 |
| MÉMOIRE sur un Produit métallurgique qui se forme dans quelques hauts fourneaux; par M. Bouésnel, Ingénieur au Corps impérial des Mines. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 36     |
| NOTICE sur une Machine soufflante hydraulique de M. Baader. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 50     |
| NOTICE sur l'existence, dans le département des Ardennes, d'une Roche particulière contenant du feldspath; par J. J. Omalius d'Halloy. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 55     |
| ESSAI des Minéraux par le moyen du chalumeau; par M. Hausmann, Inspecteur général des Mines à Cassel.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |

- Extrait des *Tablettes minéralogiques de M. Léonhard* (année 1810), par *E. M. L. Patrin*. . . . . Page 61
- NOTE sur un Quartz moilaire exploité par *M. Pagès*, à la Fermeté-sur-Loire, canton de Saint-Benin d'Azy, département de la Nièvre. . . . . 76
- NOTES sur le Mémoire de *M. Boüesnel*, inséré dans le même Numéro. . . . . 79

N<sup>o</sup>. 170. FÉVRIER 1811.

- NOTICE sur les Mines du Mexique, extraite de l'ouvrage intitulé: *Essai politique sur le Royaume de la Nouvelle-Espagne*, par *M. Alexandre de Humboldt*; par *M. Brochant de Villiers*, Ingénieur en chef au Corps impérial des Mines. . . . . 81
- INTRODUCTION. . . . . *ibid.*
- CHAP. I<sup>er</sup>. Idée générale de la constitution minérale du Mexique. . . . . 90
- CHAP. II. Mines du Mexique en général. . . . . 99
- CHAP. III. Des Mines d'argent. . . . . 107
- CHAP. IV. Travaux d'exploitation. . . . . 121
- CHAP. V. Opérations métallurgiques. . . . . 130
- CHAP. VI. Considérations administratives. . . . . 146
- Table des matières des six premiers chapitres de la Notice, sur les Mines du Mexique. . . . . 157
- Les chapitres suivans paraîtront dans un autre Numéro.
- EXTRAIT de la Correspondance. — Extrait d'une Lettre de *M. de Bournon*, à *M. Gillet-Laumont*, Inspecteur-général au Corps impérial des Mines, sur la *Cryolithe*, la *Sodalite* et l'*Allanite*. . . . . 159

N<sup>o</sup>. 171. MARS 1811.

- SUR l'Arsenic sulfuré; par *M. Haüy*. . . . . Page 161
- SUR l'Art de fabriquer du Flint-Glass bon pour l'optique; par *M. d'Artigues*. . . . . 179
- Dissertation et Mémoire sur cet Art. . . . . *ibid.*
- MÉMOIRE sur le Gisement des Minerais existans dans le département de *Sambre-et-Meuse*; par *M. Boüesnel*, Ingénieur au Corps impérial des Mines. . . . . 207
- Note sur le Mémoire de *M. Boüesnel*; par *J. J. Omalus d'Halloy*. . . . . 229
- EXTRAIT d'une Lettre de *Charles Silvester* à *Nickolson*, 1<sup>o</sup>. sur quelques propriétés du zinc, 2<sup>o</sup>. sur des toitures en zinc, et 3<sup>o</sup>. sur la fausse dorure avec le zinc. 232
- DÉCRETS impériaux, et principaux Actes émanés du Gouvernement, sur les Mines, Minières, Usines, Salines et Carrières, pendant les trois premiers mois de l'année 1811. . . . . 237

N<sup>o</sup>. 172. AVRIL 1811.

- STATISTIQUE minéralogique du département de la *Doire*; par *M. d'Aubuisson*, Ingénieur en chef au Corps impérial des Mines. — PREMIÈRE PARTIE. Constitution physique. . . . . 241
- RAPPORT fait à la Classe des Sciences physiques et mathématiques de l'Institut, sur un Mémoire de *M. d'Artigues*, relatif à la fabrication du Flint-Glass, et sur de grandes lunettes astronomiques présentées par *M. Cauchois*. 265

- SUR la Résistance que le mouvement de l'air éprouve dans les tuyaux d'une grande longueur. . . . Page 301
- Expériences sur cette Résistance ; par MM. *Lehot, Désormes et Clément*. . . . . *ibid.*
- ANNONCES concernant les Mines, les Sciences et les Arts. . . . . 308
- GÉOLOGIE. Extrait d'un Mémoire de M. *d'Aubuisson*, Ingénieur en chef au Corps impérial des Mines, sur des Roches primitives homogènes en apparence. . . . *ibid.*
- OUVRAGE NOUVEAU. Extrait d'un Rapport fait par M. *Carnot*, à la Classe des Sciences physiques et mathématiques de l'Institut, sur le Traité élémentaire des Machines, par M. *Hachette*, Instituteur à l'École impériale polytechnique. . . . . 310
- DÉCRETS impériaux, et principaux Actes émanés du Gouvernement, sur les Mines, Minières, Usines, Salines et Carrières, pendant le mois d'avril de l'année 1811. 314

N<sup>o</sup>. 173. M A I 1811.

- SUITE de la Statistique minéralogique du département de la *Doire* ; par M. *d'Aubuisson*, Ingénieur en chef au Corps impérial des Mines. — SECONDE PARTIE. Constitution minéralogique du département. . . . . 321
- DISSERTATIO de *Indagando formarum crystallinarum Caractere geometrico principali* ; ou Mémoire sur la Détermination du Caractère géométrique principal des formes cristallines ; par *Chr. Sam. Weiss*. Traduit par M. *Brochant de Villiers*, Ingénieur en chef au Corps impérial des Mines. . . . . 349
- I. Idée préliminaires. . . . . 353

- II. Des prismes hexaèdres réguliers. . . . Page 356
- III. Des rhomboèdres. . . . . 361
- IV. Des octaèdres droits à bases carrées. . . . 380
- La suite au Numéro suivant.
- DE la Platinure et du Doublé, ou Plaqué de platine ; par M. *Guyton-Morveau*. . . . . 392
- ANNONCES concernant les Mines, les Sciences et les Arts. . . . . 399
- Journal Minéralogique Américain*. . . . . *ibid.*
- Articles contenus dans le premier cahier de ce Journal. *ibid.*
- Note sur les Fluates de chaux trouvés en Amérique. 400

N<sup>o</sup>. 174. J U I N 1811.

- FIN du Mémoire sur la Détermination du Caractère géométrique principal des formes cristallines ; par *Chr. Sam. Weiss*. Traduit par M. *Brochant de Villiers*, Ingénieur en chef au Corps impérial des Mines. . . . 401
- V. Des octaèdres à pyramides droites à base rectangle allongée. . . . . *ibid.*
- Table des matières contenues dans le Mémoire de M. *Weiss*. . . . . 438
- Table alphabétique des espèces minérales dont il est question dans ce même Mémoire. . . . . 443
- LETTRE à M. *Tilloch*, sur les moyens de prévenir les funestes effets des Mofettes dans les mines de houille ; traduite par M. *Patrin*. . . . . 445
- NOTICE sur la Pénétration apparente et sur la Raréfaction qu'on observe lorsqu'on mêle l'eau et l'alcool en différentes proportions. . . . . 453

|                                                                                                                                                                                |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Détail des expériences. . . . .                                                                                                                                                | Page 453     |
| Tableau des expériences. . . . .                                                                                                                                               | 457          |
| ANNONCES concernant les Mines, les Sciences et les Arts . . . . .                                                                                                              | 458          |
| Note sur la Précipitation de l'argent par le cuivre; par M. <i>Gay-Lussac</i> . . . . .                                                                                        | <i>ibid.</i> |
| Analyse du Mispickel; par M. <i>Chevreul</i> . . . . .                                                                                                                         | 459          |
| DÉCRETS impériaux, et principaux actes émanés du Gouvernement, sur les Mines, Minières, Usines, Salines et Carrières, pendant les mois de mai et juin de l'année 1811. . . . . | 461          |

*Nota.* Parmi ces décrets se trouve celui, du 6 mai 1811, relatif à l'Assiette des Redevances fixes et proportionnelles sur les Mines.

---

*TABLE des Planches contenues dans le vingt-neuvième Volume.*

N°. 169. Planche I. Machine soufflante de M. *Baader*.  
 — 171. — II. Formes cristallines de l'arsenic sulfuré.