

C'est un des ingrédiens les plus nécessaires de la poudre à canon : il sert à prendre des empreintes très-belles de pierres gravées ; on en fait des mèches combustibles ; on le brûle pour blanchir les soies, pour détruire certaines couleurs, pour arrêter la fermentation des vins, &c. On l'a proposé pour sceller le fer dans les pierres, &c.

C H A P I T R E V.

Genre V. SUBSTANCES MÉTALLIQUES EN GÉNÉRAL.

LES substances métalliques forment un ordre de corps très-importans & très-utiles dans les différens usages de la vie, dans la chimie & dans la médecine. Elles diffèrent essentiellement des matières terreuses & des matières salines par leurs caractères physiques & par leurs propriétés chimiques.

Avant de passer à l'examen de chacune de ces substances en particulier, il est nécessaire de les considérer en général. Pour le faire avec ordre, nous traiterons dans plusieurs paragraphes, 1^o. de leurs propriétés physiques ; 2^o. de leur histoire naturelle ; 3^o. de l'art d'en reconnoître la nature & la quantité, ou de la docimastie ; 4^o. de celui

de les travailler en grand, ou de la métallurgie ;
5°. de leurs propriétés chimiques; 6°. de la ma-
nière de les distinguer les unes des autres, & des
divisions qu'il est essentiel d'établir entre elles.

§. I. *Des propriétés physiques des substances
métalliques.*

Les substances métalliques ont une opacité
absolue. Cette opacité est beaucoup plus grande
que celle des matières pierreuses ; car la pierre la
plus opaque, étant en plaque très-mince, a une
sorte de transparence ; au lieu que la lame la plus
fine d'un métal quelconque est parfaitement opa-
que, & tout autant qu'une grande masse du même
métal. L'opacité des substances métalliques les
rend très-propres à réfléchir les rayons de la lu-
mière, & aucun corps ne possède cette propriété
dans un degré aussi marqué que ces substances ;
c'est ainsi que les miroirs de glace ne réfléchissent
les objets que parce qu'ils sont enduits d'une
feuille de métal ; cette propriété particulière aux
métaux, constitue l'éclat ou le brillant métallique,
qualité qui est toujours en raison composée de
la densité ou de la dureté du métal qui lui per-
met de prendre un poli très-vif, & de sa cou-
leur. Les substances métalliques blanches réflé-

chiffent plus de rayons, & font plus brillantes que celles qui font colorées.

Les substances métalliques ont une pesanteur spécifique bien plus considérable que les autres corps minéraux; un pied cube de marbre ne pèse que deux cent cinquante-deux livres; un pied cube d'étain, qui est le plus léger des métaux, pèse cinq cent seize livres, & un pied cube d'or pèse treize cent vingt-six livres. Cette pesanteur, beaucoup au-dessus de celle des matières terreuses, dépend, sans doute, de la grande densité des substances métalliques, à laquelle elles doivent encore leur opacité parfaite & leur brillant.

La plus grande partie des substances métalliques est susceptible de s'étendre à l'aide d'une percussion répétée, ou d'une forte pression. Cette propriété, qui est particulière à ces substances, & que nous n'avons pas encore eu occasion d'observer dans aucune des matières que nous avons examinées, porte le nom de *ductilité*. Nous pensons qu'on doit en distinguer deux espèces; l'une qu'on appelle ductilité sous le marteau, ou *malleabilité*, se reconnoît à ce que les métaux qui en jouissent peuvent s'étendre en lames minces sans se casser: le plomb & l'étain nous fournissent un exemple de cette sorte de ductilité. L'autre consiste dans l'allongement successif &

presque extrême de certaines matières métalliques, de sorte qu'elles forment un fil plus ou moins fin : c'est la ductilité à la filière, telle qu'on peut l'observer dans le fer, le cuivre, l'or. On lui a aussi donné le nom de *ténacité*. Il est d'autant plus important de bien distinguer ces deux sortes de ductilités, qu'elles semblent être réellement très-différentes l'une de l'autre, puisque les substances métalliques, qui sont très-malléables, ont souvent très-peu de *ténacité*, & que celles qui sont très-ductiles à la filière, ne sont que peu malléables. On exprime la *ténacité* des métaux d'une manière fort exacte, en désignant la somme de poids qu'un fil métallique d'un diamètre connu peut soutenir sans se rompre. L'une & l'autre de ces propriétés paroît dépendre d'une forme particulière des parties intégrantes de chaque métal. Il semble que les métaux qui s'étendent en plaques minces par la percussion soient formés de petites lames qui, lorsqu'elles sont comprimées, glissent les unes à côté des autres, & augmentent en largeur à mesure qu'elles perdent de leur épaisseur; tandis que ceux qui peuvent se filer offrent une sorte de tissu fibreux dont les filamens, disposés par paquets, se rapprochent & s'allongent à l'aide de la forte pression que leur fait éprouver la filière.

La ductilité des métaux a des bornes. On observe que lorsqu'un métal, même très-ductile, a reçu plusieurs coups de marteau, il durcit & se déchire au lieu de s'étendre ; cette propriété se nomme *écrouissement*. Lorsqu'on chauffe lentement & avec précaution un métal écroui, il devient plus ductile, & il peut être frappé sans se briser. Il paroît que les parties ne s'étendent sous le marteau, qu'autant qu'elles trouvent entre elles un espace qu'elles peuvent remplir à mesure qu'elles fuient la pression : on conçoit aisément que ces parties étant une fois assez rapprochées par la percussion, pour ne laisser entre elles que peu d'intervalle, elles ne pourront plus fuir sous le marteau, & que, dans ce cas, le métal se déchirera. La chaleur en le dilatant en écarte les parties, & produit entr'elles de nouveaux espaces, qui leur permettent de se rapprocher de nouveau à l'aide des percussions répétées.

Comme la ductilité ne se rencontre que dans certaines substances métalliques, les chimistes & les naturalistes se sont servi de l'absence & de la présence de cette propriété pour distinguer ces substances entre elles. Ils ont appelés *métaux* celles qui réunissent la ductilité à l'opacité, à la pesanteur & au brillant métallique, & demi-mé-

taux, celles qui, avec l'apparence métallique, ne sont point ductiles. Mais cette distinction, quoiqu'assez exacte, ne suffit cependant pas pour séparer en deux classes toutes les matières métalliques, parce que depuis la ductilité extrême de l'or, jusqu'à la singulière fragilité de l'arsenic, on ne trouve que des degrés insensibles dans cette propriété, & parce qu'il y a peut-être plus loin pour la ductilité de l'or au plomb, qui est regardé comme un métal, qu'il n'y a du plomb au zinc, qu'on range parmi les demi-métaux, & du zinc à l'arsenic. D'ailleurs le mot *demi-métaux* exprime une opinion très-hypothétique sur la nature & la formation des métaux.

Les métaux, considérés relativement au degré de leur ductilité, doivent être rangés dans l'ordre suivant. L'or est le plus malléable de tous; ensuite viennent l'argent, le cuivre, le fer, l'étain & le plomb. Les demi-métaux ont été regardés comme n'en ayant aucune. Nous verrons cependant que cette propriété existe jusqu'à un certain degré dans le zinc & dans le mercure. Quant à la ténacité, l'or est celui qui en a le plus: on place à la suite le fer, le cuivre, l'argent, l'étain & le plomb; celle de la platine n'est pas bien connue.

Les substances métalliques sont susceptibles

de prendre une forme régulière, soit par le travail de la nature, soit par les efforts de l'art. Les naturalistes connoissoient, depuis long-temps, cette propriété que la nature leur avoit offerte dans le bismuth natif, l'argent vierge, & quelques autres métaux. Les alchimistes même avoient observé soigneusement les figures ramifiées ou étoilées qui se forment à la surface de l'antimoine & du bismuth. M. Baumé a annoncé dans sa chimie expérimentale & raisonnée, que les matières métalliques qui ont été bien fondues prennent, par un refroidissement lent, un arrangement symétrique & régulier, &c. M. l'abbé Mongez, qui a suivi M. la Peyrouse dans son voyage autour du monde, a fait un travail sur la cristallisation des matières métalliques. M. Brongniart, démonstrateur de chimie au jardin des plantes, s'est aussi occupé de cet objet, & beaucoup de chimistes ont répété leurs procédés. Il en résulte que tous les métaux peuvent cristalliser, & que, quoique plusieurs d'entre eux aient une cristallisation, en apparence différente, le plus grand nombre présente cependant la même forme octaèdre avec quelques modifications.

Quelques matières métalliques ont de la saveur & de l'odeur, comme l'arsenic, l'antimoine, le plomb, le cuivre, l'étain, le fer. Ces propriétés

se rencontrent constamment dans toutes celles qui sont les plus altérables. Elles y sont même quelquefois dans un degré si marqué, que ces matières sont susceptibles de corroder & de détruire entièrement les organes des animaux.

§. II. *Histoire naturelle des substances métalliques.*

Les substances métalliques existent dans l'intérieur de la terre dans quatre états différens; le premier est celui de métal vierge ou natif, c'est-à-dire, pourvu de toutes ses propriétés; c'est ainsi que se trouvent toujours l'or, souvent l'argent, le cuivre, le mercure, le bismuth, l'arsenic, rarement le fer, plus rarement encore le plomb, le zinc, l'antimoine, &c.

Le second état où se rencontrent les substances métalliques est celui d'oxides ou de *chaux*, c'est-à-dire, n'ayant pas l'aspect métallique, mais plutôt une sorte de ressemblance avec les ochres ou les matières terreuses. On trouve souvent le cuivre dans l'état d'oxide vert ou bleu; le fer dans celui d'oxide jaune, rouge ou brun; le plomb dans l'état d'oxide blanc, gris, jaune, rougeâtre, &c.; le zinc dans l'état de calamine; le cobalt en fleurs rouges; l'arsenic en oxide blanc, &c.

Le troisieme état naturel des métaux , & celui qui est le plus commun, constitue les mines ou minerais. La substance métallique s'y trouve combinée avec une matière combustible qui lui enlève ses propriétés métalliques , & elle ne peut les recouvrer que lorsqu'elle en est séparée. Cette matière , que l'on nomme le *minéralisateur* , est ou du soufre , ou un autre métal. Quelques chimistes assurent même que le soufre est le minéralisateur le plus commun. Il est uni à l'argent dans la mine d'argent vitreuse ; celles de cuivre contiennent presque toujours une très-grande quantité de soufre ; le fer est combiné avec ce minéral dans la pyrite martiale , le plomb dans la galène , le mercure dans le cinabre , le zinc dans la blende ; enfin , on trouve quelquefois le bismuth & souvent l'arsenic unis au soufre.

Il est bon d'observer que les métaux n'ont pas tous la même affinité avec le soufre. Il en est qui en contiennent beaucoup & qui le perdent aisément ; leur état métallique en paroît peu altéré ; tels sont le cuivre , le plomb , l'antimoine ; d'autres en contiennent très-peu ; mais ce soufre leur est très-adhérent , & quoiqu'il soit en petite quantité , il fait disparaître presque toutes les qualités métalliques ; c'est ce qu'on observe à l'égard du cinabre.

Les métaux peuvent se trouver alliés avec d'autres métaux, mais c'est particulièrement l'arsenic qui les minéralise. On trouve le fer, l'étain, le cobalt, souvent unis à l'arsenic; quelquefois le métal est uni, en même-temps, à l'arsenic & au soufre, comme dans la mine d'antimoine rouge, dans l'argent rouge; enfin, il y a des mines métalliques, composées de plusieurs métaux & de plusieurs substances minéralisantes, ainsi que la mine de cuivre grise, la mine d'argent grise, & quelques autres.

Le quatrième état que les métaux présentent, dans l'intérieur de la terre, est leur combinaison avec les substances salines, & presque toujours avec des acides. L'acide sulfurique s'y trouve combiné très-fréquemment; les oxides de zinc, de plomb, de cuivre, de fer, sont souvent dans l'état de sulfates; l'acide carbonique est un des minéralisateurs les plus communs des métaux; les acides muriatique, arsenique & phosphorique y ont aussi été démontrés depuis quelques années.

Les substances métalliques sont bien moins abondantes dans le globe terrestre que les matières pierreuses. Elles forment, dans les montagnes, des veines ou filons qui coupent plus ou moins obliquement les couches de terres & de pierres, c'est l'état le plus ordinaire des métaux minéralisés.

minéralisés. Ceux qui sont dans l'état d'oxides ou de sels se trouvent souvent par masses que l'eau a transportées, & quelquefois cristallisées; on rencontre aussi plusieurs mines métalliques en tas informes: elles doivent alors leur formation à quelques accidens particuliers.

Les filons métalliques sont accompagnés de matières pierreuses, qui semblent avoir été formées en même-temps qu'eux. Ces pierres sont ordinairement du quartz & du spath, elles forment deux couches; l'une, sur laquelle pose la mine, se nomme *lit* ou *sol*; l'autre qui la recouvre est le *toit*. Ces pierres constituent ce qu'on appelle la *gangue* ou *matrice de la mine*, qui ne doit pas être confondue avec le minéralisateur; car celui-ci est combiné avec le métal, de manière qu'il ne peut en être séparé que par des procédés chimiques, tandis que la gangue peut en être séparée par des moyens mécaniques; il ne faut pas non plus confondre la gangue qui est formée de pierres cristallisées, avec la roche qui forme la masse des montagnes, dans lesquelles se trouvent les filons métalliques. Ces derniers se divisent en *riches* ou *pauvres*, en *filons capitaux* ou *veinules*, en filons de *vrais cours* qui se continuent dans la même direction, ou filons *rébellés* qui se détournent & sont interrompus dans leur continuité.

Les mines métalliques paroissent toutes devoir leur formation à l'eau ; en effet, la plupart se trouvent cristallisées ou mêlées à des substances que le feu n'auroit pas manqué d'altérer, comme les pierres calcaires & le soufre ; & l'on rencontre parmi elles des corps qui ont conservé l'organisation végétale ou animale, organisation que le feu n'auroit pas respectée ; il y a peut-être quelques mines métalliques qui ont été formées par le feu ; telle paroît être la mine de fer spéculaire du Mont-d'Or en Auvergne, celle de l'île d'Elbe ; mais ces cas sont rares.

Les mines se trouvent plus communément dans les montagnes que dans les plaines, & presque toujours dans celles qui forment des chaînes continues. On observe que les plantes qui croissent à la surface des montagnes qui renferment ces matières, sont arides ; les arbres y sont tortueux, & ont un mauvais port ; la neige y fond presque aussi-tôt qu'elle y tombe ; les sables offrent souvent des couleurs métalliques. On trouve, dans le voisinage, des sources d'eaux minérales métalliques ; l'examen de ces eaux & des sables qu'elles charient, fournissent de très-bons indices de la présence des matières métalliques qui les avoisinent. Lorsqu'on voit paroître à la surface de la terre quelques veines métalliques, ces indices doivent

l'affaire pour faire sonder le terrain ; la sonde rapportant les substances qui composent l'intérieur de la montagne avec la matière minérale métallique , sert à faire connoître quelle est la nature de cette substance , & la résistance qu'on doit attendre du terrain.

§. III. *De l'art d'essayer les mines , ou de la DOCIMASIE.*

Lorsqu'on a retiré une certaine quantité de mine , il convient d'en faire l'essai pour en connoître exactement la nature & le produit. Ces essais forment une des parties les plus importantes de la chimie , à laquelle on a donné le nom de *docimastie*. Ils doivent être variés suivant la nature de chaque mine ; cependant il est certains procédés généraux qu'il convient de suivre dans tous les essais.

On prend des échantillons de mine qu'on choisit parmi les plus riches , les plus pauvres , & ceux d'une richesse moyenne : cette opération s'appelle *lotir les mines* ; le lotissage est indispensable , parce que si on ne tentoit que l'essai d'un échantillon riche , on pourroit concevoir des espérances trop flatteuses ; si on n'essayoît que des échantillons très-pauvres , on tomberoit dans le découragement. Les mines étant loties , il faut les piler exac-

tement, & ensuite les laver à grande eau. Ce fluide emporte la gangue réduite en poudre; le minéral, comme plus pesant, reste au fond du vase où se fait le lavage. La mine lavée doit être ensuite grillée avec soin pour enlever par la sublimation la plus grande quantité possible du minéralisateur; on doit faire le *grillage* dans une petite écuelle de terre, couverte d'un vaisseau semblable. Cette précaution est nécessaire, parce que certaines mines pétillent au feu, & sautent hors de la capsule dans laquelle on les grille; cet accident est capable de rendre le résultat incertain. Comme ce grillage fait en plein air laisse ordinairement le métal dans l'état d'oxide, & peut même en faire perdre une partie, si le métal que l'on essaie est volatil, nous préférons de griller les mines dans une cornue de grès. Cette opération, quoique plus longue & plus difficile, a l'avantage de faire connoître la nature & la quantité du minéralisateur, & de donner une analyse beaucoup plus exacte du minéral dont on fait l'essai. Lorsque la mine a été tenue rouge pendant quelque temps, & qu'il ne s'en exhale aucune vapeur, le grillage est fini. Comme on a pesé la mine avant & après le lavage pour déterminer la quantité de gangue qu'elle contenoit, on la pèse de nouveau après le grillage,

ment. Les mines étant loies, il faut les peser exacte-

pour savoir combien elle a perdu par cette opération.

La mine grillée doit être fondue ; à cet effet on la mêle avec trois parties de flux noir & un peu de muriate de soude décrépité , on la met dans un creuset fermé de son couvercle , on place ce creuset dans un bon fourneau de fusion. L'alkali du flux noir fond le métal , & absorbe la portion du minéralisateur qui reste dans la mine. Le charbon du tartre qui se trouve dans le flux noir , sert à réduire l'oxide du métal en absorbant son oxigène ; le muriate de soude empêche que le mélange ne souffre de déperdition pendant la fusion , parce que ce sel fondu étant plus léger que les autres matières , occupe toujours la partie supérieure du creuset , recouvre le mélange & supporte seul le déchet.

La fusion étant achevée , il faut laisser refroidir très-lentement le creuset ; on s'apperçoit que la matière a été bien fondue , lorsque le métal est rassemblé en un seul culot convexe à sa superficie , qu'il ne se trouve aucun grain dans les scories , & que ces scories elles-mêmes sont en une masse vitreuse , compacte & uniforme , couverte d'une couche de sel marin fondu. On pèse exactement le culot métallique , & on connoît en quelle proportion le métal se trouve dans la mine que l'on a essayée.

Il est des mines qui sont plus dures & plus réfractaires ; alors on ajoute des fondans plus actifs & en plus grande quantité , comme le borax , le verre pilé , les alkalis fixes , &c. Il arrive souvent que le même minéral contient des métaux parfaits avec des métaux imparfaits ; on les sépare en chauffant avec le contact de l'air le culot métallique. Le métal imparfait s'oxide & se dissipe , le métal parfait reste pur ; cette opération se nomme en général *affinage*. Le métal parfait qu'on obtient par ce procédé est presque toujours un mélange d'or & d'argent. On sépare ces deux métaux par le moyen d'un dissolvant qui s'empare de l'argent & laisse l'or intact ; cette opération se nomme *départ*. Les résidus que tous ces procédés fournissent , doivent être pesés avec la balance d'essai.

Ce travail , quelque exact qu'il paroisse , est souvent moins utile pour guider dans l'exploitation d'une mine , que ne seroit un essai plus grossier ; parce que , dans les travaux en grand , on n'emploie pas des matériaux aussi chers , & que d'ailleurs on n'opère pas avec autant de précaution ; il faut donc essayer de fondre la mine à travers les charbons dans un fourneau de fusion. Les charbons réduisent l'oxide métallique ; l'alkali fixe qui se produit dans leur combustion ,

absoibe une portion de la substance qui minéralise le métal. Il faut quelquefois ajouter un peu de limaille ou de scories de fer, ou du fiel de verre pour faciliter la fusion des mines très-réfractaires.

Il est une sorte d'essai par la voie humide qui peut se pratiquer, lorsqu'on veut connoître les métaux contenus dans des échantillons de mines qu'on se propose de conserver dans des cabinets d'histoire naturelle. On prend un petit morceau de l'échantillon; on le fait digérer dans des acides qui dissolvent le métal & en séparent le minéralisateur; le sel qui résulte de l'union du métal à l'acide fait connoître la qualité de ce métal; mais cet essai ne peut pas avoir lieu pour toutes sortes de mines, parce qu'elles ne sont pas toutes susceptibles d'être attaquées par les acides. Bergman a donné sur la docimastie humide une très-bonne dissertation, qu'on pourra consulter avec fruit.

§. IV. *De l'art d'extraire & de purifier en grand les métaux, ou de la MÉTALLURGIE.*

Lorsqu'on s'est assuré, par un essai convenable, que la mine peut être exploitée utilement, on y procède de la manière suivante. On creuse un puits carré perpendiculaire, assez large pour à placer des échelles droites, à l'aide desquelles

les ouvriers puissent descendre & monter. Ordinairement on pose sur ces puits des treuils pour tirer les sceaux chargés de minéral ; quelquefois aussi on y met des pompes pour puiser l'eau qui s'y rassemble. Si la mine est trop profonde pour qu'un seul puits conduise au sol du filon , on pratique une galerie horizontale , au bout de laquelle on creuse un nouveau puits , & ainsi de suite , jusqu'à ce qu'on soit parvenu au fond de la mine.

Si la roche dans laquelle on creuse est fort dure & capable de se soutenir d'elle-même , la mine n'a pas besoin d'être étayée ; mais si on travaille dans des rochers tendres ou dans des terres qui peuvent s'ébouler , on est obligé d'étauçonner les galeries & de garnir les puits de pièces de charpente , qu'on recouvre de planches dans tout le pourtour.

Il est essentiel de renouveler l'air dans les mines ; lorsqu'il est possible de creuser une galerie , qui du bas des puits réponde dans la plaine , le courant d'air s'établit aisément ; quand cela ne se peut pas , on creuse un puits qui aboutit à l'extrémité de la galerie opposée à celle où se trouve le premier. Lorsque l'un des deux puits est plus bas que l'autre , l'air circule très-aisément ; mais si les deux puits sont de hauteur égale , le courant d'air ne sauroit

s'établir : dans ce dernier cas, on allume du feu dans un fourneau, au-dessus de l'un des puits ; & l'air, forcé de traverser les matières combustibles, se renouvelle continuellement dans la galerie.

L'eau est encore un inconvénient très-grand dans les mines ; si elle sort peu-à-peu entre les terres, on tâche de lui ménager une issue dans la plaine, & de-là dans la rivière la plus voisine, à l'aide d'une galerie de percement. Si elle se ramasse en plus grande quantité, on tire l'eau à l'aide des pompes. Quelquefois en perçant la roche il en sort une quantité d'eau énorme, & capable de remplir à l'instant toutes les galeries ; les ouvriers en sont avertis par le retentissement qu'ils entendent en frappant la roche ; alors ils établissent une porte dans une des galeries, cette porte peut se fermer par un valet ; un ouvrier perce la roche pour donner issue à l'eau, & se retire en fermant la porte sur lui ; il a le temps de s'éloigner avant que l'eau puisse gagner.

Il s'élève dans les souterrains des mines des vapeurs d'acide carbonique & de gaz hydrogène, dégagées ou formées par la réaction des matières minérales & métalliques les unes sur les autres. Souvent aussi les feux que les ouvriers sont obligés d'allumer dans le dessein d'attendrir

la roche, favorisent le dégagement de ces gaz, dont les dangereux effets ne peuvent être prévenus que par les courans d'air rapides, ou par la détonation.

Le minéral tiré de la terre est ensuite pilé, lavé, grillé, fondu & affiné. On pile la mine sous de gros pilons, mus par un courant d'eau; les pilons se nomment *bocards*; la mine pilée est lavée sur des tables inclinées, de sorte que l'eau s'écoule & emporte la gangue. Les mines qui contiennent beaucoup de soufre, doivent être grillées à l'air; celles qui en contiennent peu, doivent l'être dans des fourneaux qui servent ensuite à les fondre; quelques mines se fondent seules, d'autres veulent être fondues à travers les charbons, & avec différens fondans. Les fourneaux de fusion diffèrent suivant les pays & la qualité plus ou moins réfractaire de la mine. Ceux qui servent à l'affinage, ne sont pas essentiellement différens des premiers. Quelquefois même ces deux opérations se font dans un seul fourneau. Lorsqu'on a ainsi réduit les métaux, ils sont presque toujours unis plusieurs ensemble: on a alors recours pour les séparer, à des procédés entièrement chimiques, & que nous ferons connoître à l'article de chaque métal.

§. V. *Des propriétés chimiques des substances métalliques.*

Toutes les propriétés chimiques des substances métalliques semblent démontrer que ces matières sont simples, & qu'on ne peut les décomposer. Les altérations qu'elles éprouvent de la part de la chaleur, de l'air & des substances salines, sont toujours dues, comme on le verra, à des combinaisons, & pas une de ces altérations ne peut être comparée à une analyse, ainsi que nous allons le faire voir par l'exposition détaillée des phénomènes qu'elles présentent.

La lumière paroît altérer la couleur & le brillant de quelques substances métalliques. Bien enfermées dans des vaisseaux transparens, quelques-unes s'y ternissent, prennent une couleur changeante, qui fait disparoître peu-à-peu leur brillant. On n'a pas suivi plus loin cette espèce d'altération.

Le calorique ne leur fait éprouver que quelques changemens d'agrégation, & cela avec plus ou moins de facilité & de promptitude. Toutes les substances métalliques, chauffées dans des vaisseaux bien fermés, se fondent, les unes bien avant de rougir, d'autres, dans l'instant qu'elles rougissent, d'autres, long-temps après qu'elles

ont rougi. Il y a autant de degrés dans la fusibilité de ces matières, qu'il y a d'espèces de métaux. Si on les laisse refroidir lorsqu'ils ont été fondus, ils cristallisent; si on les pousse à un feu violent, ils bouillent à la manière des fluides, & se réduisent en vapeurs. Il y a longtemps qu'on connoissoit ces propriétés dans le mercure; les orfèvres voient souvent bouillir l'or & l'argent en fusion. Buffon avoit observé qu'en exposant des plats d'argent au foyer d'un grand miroir concave, il s'élevoit une fumée blanche de la surface des plats. MM. Macquer & Lavoisier ayant mis de l'argent de coupelle au foyer de la lentille de Tschirnausen, virent ce métal s'exhaler en fumée; une lame d'or exposée à cette fumée fut parfaitement argentée. L'or mis au même foyer donna également des fumées qui dorèrent parfaitement une lame d'argent qu'on y exposa. Les cheminées des orfèvres & des essayeurs sont remplies d'or & d'argent sublimés. Le cuivre, l'étain, le plomb, le zinc, l'antimoine, le bismuth & l'arsenic se volatilisent assez facilement.

Tous les métaux fondus paroissent convexes à leur surface, & lorsqu'ils sont en très-petites masses, ils forment des sphères parfaites; cet effet dépend de la force d'agrégation qui fait

rapprocher les parties métalliques les unes vers les autres, & de leur peu de tendance à la combinaison avec le corps sur lequel elles posent. Cette propriété est générale dans tous les fluides, & on peut l'observer dans l'huile à l'égard de l'eau, & dans l'eau à l'égard des corps gras.

Les métaux exposés à l'action du calorique avec le contact de l'air y éprouvent des altérations assez sensibles, les uns plutôt, les autres plus tard : ceux qui ne sont point sensiblement altérés, se nomment *métaux parfaits* ; on appelle *métaux imparfaits*, ceux qui perdent entièrement leurs propriétés métalliques par ce procédé. Cette altération des matières métalliques, que nous nommons *oxidation*, est une véritable combustion ; elle ne peut se faire qu'avec le secours de l'air, comme celle de toutes les substances combustibles ; & lorsqu'elle a eu lieu quelque temps dans une certaine quantité d'air, elle ne peut plus s'y continuer à moins que l'air ne soit renouvelé. Cet air dans lequel les métaux ont brûlé, est devenu méphitique. La combustion des substances métalliques est accompagnée d'une flamme plus ou moins vive, cette flamme est très-sensible dans le zinc, l'arsenic, le fer, l'or, l'argent ; elle l'est même dans le plomb, l'étain, l'antimoine, qui sont

chauffés fortement. Les métaux perdent en brûlant leurs propriétés métalliques d'une manière d'autant plus marquée, qu'ils ont été exposés à l'action du feu & au contact de l'air pendant un temps plus long; quelques-uns semblent alors se rapprocher à l'extérieur du caractère des matières terreuses; aussi leur a-t-on donné, dans cet état, le nom de *terres* ou de *chaux métalliques*. On doit préférer à ce nom celui d'oxides métalliques, parce qu'il est démontré aujourd'hui que ces métaux brûlés ne sont point des terres comme on le croyoit il y a quelques années; mais des combinaisons avec l'oxigène. Les oxides métalliques n'ont plus le brillant & la fusibilité des métaux; ils n'ont plus du tout d'affinité avec ces corps, pas même avec ceux qui ont servi à les faire. Si on les pousse au feu, ils se volatilisent ou se fondent en verres. Ces derniers sont d'autant plus transparens & d'autant plus difficiles à fondre, que les métaux ont été oxidés, ou qu'ils contiennent plus d'oxigène. Les oxides métalliques s'unissent aux matières salines & terreuses. Plusieurs d'entre eux ont les caractères de matières salines. L'arsenic bien oxidé devient un acide particulier, dont les propriétés ont été examinées par Schéele & Bergman. Rouëlle a reconnu que l'oxide d'antimoine se dissout dans l'eau comme le fait l'arsenic.

Quelques oxides métalliques exposés à l'action du feu, se réduisent en métaux, & fournissent en se réduisant un fluide aériforme, qui est de l'air vital très-pur. C'est à M. Bayen que l'on doit les premières connoissances sur cet objet. Il a observé que les oxides de mercure, chauffés dans des vaisseaux fermés, donnoient beaucoup d'air, & qu'ils se réduisoient en mercure coulant. M. Priestley, ayant examiné cet air, vit qu'il étoit beaucoup meilleur que l'air atmosphérique; & c'est à cette découverte que l'on doit fixer l'époque de la connoissance exacte que nous avons aujourd'hui sur la *calcination* des métaux. Revenons un moment sur les phénomènes de cette opération. Un métal ne se *calcine* jamais que lorsqu'il a un contact avec l'air; plus ce contact est multiplié, plus le métal se *calcine*; une quantité donnée d'air ne peut servir à *calciner* qu'une quantité donnée de métal, comme l'a ingénieusement démontré M. Lavoisier en *calcinant* du plomb, à l'aide d'un miroir de réflexion, dans une cloche qui contenoit un volume connu d'air. Le métal en se *calcinant*, absorbe une portion de l'air qui l'environne, puisque le mercure au-dessus duquel on *calcine* un métal sous une cloche, remonte dans ce vaisseau à mesure que la *calcination* avance. C'est à cet oxigène absorbé que

les oxides métalliques doivent la pesanteur qu'ils ont acquise dans la *calcination* ; puisque quand on l'extrait des oxides de mercure , ils perdent en revenant à l'état métallique cet excès de poids que l'on retrouve exactement dans l'air vital qu'elles fournissent à l'aide de la distillation. Il paroît démontré, d'après tous ces phénomènes , que la *calcination* n'est autre chose que la combinaison du métal avec la base de l'air pur ou l'oxigène contenu dans l'atmosphère. Cette combinaison se fait souvent par le seul contact de l'air & de l'eau , dans les métaux qui sont susceptibles de se rouiller. Si l'on a besoin de faire chauffer la plûpart des métaux pour les oxider , c'est que la chaleur , en diminuant la force d'agrégation des molécules de ces corps pour elle-même , augmente en même proportion la force d'affinité ou de combinaison , & favorise ainsi celle que l'on veut opérer entre l'oxigène & le métal. La chaleur n'est donc , dans cette opération , qu'un auxiliaire comme dans beaucoup de dissolutions. L'air qui a servi à oxider un métal ne peut plus entretenir la combustion , parce qu'il est privé de la portion d'air vital qu'il contenoit , & qui seule peut donner lieu à la combustion & à la vie. Plus le fluide atmosphérique contient de cet air vital , plus il est propre à oxider promptement

tement une quantité donnée de métal. J'ai bien des fois observé qu'on peut faire une beaucoup plus grande quantité d'oxide métallique de plomb, de bismuth, &c. en plongeant ces métaux fondus dans une cloche pleine d'air vital, qu'on n'en feroit dans le même temps au milieu de l'air atmosphérique. Tous ces faits, & un grand nombre d'autres, que l'on trouvera dans l'histoire particulière de chaque métal, sont bien propres à démontrer qu'un oxide métallique n'est autre chose qu'une combinaison chimique du métal & de l'oxigène atmosphérique, que la calcination n'est que l'acte même de cette combinaison, & que l'air vital étant fixé dans cette opération, il ne reste plus que le gaz azote qui faisoit partie de l'atmosphère.

La réduction des oxides métalliques, à l'aide des matières combustibles, éclaire encore cette théorie, & lui donne de nouvelles forces. On est souvent obligé, lorsqu'on veut réduire un oxide métallique en métal, de le faire chauffer dans des vaisseaux fermés avec une matière combustible, comme avec des graisses, des huiles, du charbon, &c. Dans tous ces cas on décompose l'oxide métallique, en lui enlevant l'oxigène qui le constituoit tel. Pour bien entendre ce qui se passe dans cette opération, il faut concevoir, 1^o. que les métaux ne sont pas

les corps les plus combustibles de la nature, ou, ce qui est la même chose, que les métaux n'ont pas avec l'oxigène la plus grande affinité possible ; 2°. que les matières combustibles animales ou végétales ont plus d'affinité avec cet oxigène que n'en ont les substances métalliques ; 3°. qu'en conséquence, lorsqu'on réduit un oxide métallique à l'aide du charbon, ce dernier étant plus combustible que le métal, ou ayant plus d'affinité que lui avec l'oxigène, s'en empare & décompose l'oxide métallique, qui passe à l'état du métal. Aussi ces sortes d'opérations ne réussissent-elles bien que dans des vaisseaux fermés, parce que la matière combustible, n'ayant pas de contact avec l'air, est obligée de brûler à l'aide de l'oxigène de l'oxide. C'est pour cela que la portion de carbone pure, qui s'empare de l'oxigène uni à la substance métallique, se trouve changée en acide carbonique pendant la réduction.

En faisant l'histoire de la calcination métallique, d'après la théorie des modernes, nous devons dire un mot de la doctrine de Stahl, qui a été adoptée presque universellement par tous les chimistes, jusqu'aux dernières découvertes sur l'air & sur la combustion. Stahl regardoit les substances métalliques comme des composés de terres particulières & de phlogis-

tique. La *calcination* n'étoit, suivant lui, que le dégagement du *phlogistique*, & la réduction ser-voit à rendre aux *chaux* métalliques ce principe qu'elles avoient perdu dans leur *calcination*. On voit que cette théorie est absolument l'inverse de celle des modernes, puisqu'elle annonce que les métaux sont des êtres composés, tandis que la doctrine actuelle les considère comme des corps simples; ils perdent, suivant Stahl, un principe dans leur *calcination*; & la doctrine nouvelle prouve qu'ils se combinent à un nouveau corps dans cette opération; enfin, ce grand homme pensoit que pendant la réduction, les oxides métalliques reprenoient le *phlogistique* qui avoit été dégagé des métaux par le feu, & les modernes ont prouvé que la réduction n'est que la séparation de l'oxigène qui s'étoit combiné avec eux dans la *calcination*.

Essayons de démontrer, après ce léger parallèle de ces deux théories, à laquelle des deux le plus grand nombre de faits peut être favorable. Stahl, uniquement occupé à démontrer la présence du *phlogistique* dans les métaux, semble avoir oublié l'influence de l'air dans la *calcination*. Bercher, Jean Rey, Boyle & plusieurs autres chimistes avoient cependant soupçonné avant lui que cet élément jouoit le principal

rôle dans ce phénomène. La théorie de Stahl, quelque satisfaisante qu'elle ait dû paroître jusqu'à l'époque des nouvelles découvertes sur l'air, ne pouvoit donc pas se trouver d'accord avec tous les faits qui démontrent la nécessité & l'action de ce fluide dans la *calcination*. Aussi y a-t-il plusieurs phénomènes inexplicables dans la doctrine de Stahl, & qui même la rendoient imparfaite. Telle est ; par exemple, la pesanteur des oxides métalliques, plus considérable que celle des métaux avant leur *calcination*. On ne concevra jamais comment un corps peut augmenter de poids en perdant une de ses parties constituantes ; & comme la pesanteur est une des propriétés qui sert à démontrer la présence de toute substance, l'explication ingénieuse que M. de Morveau a donnée dans sa dissertation sur le *phlogistique*, relativement au phénomène dont il s'agit, ne peut pas entièrement satisfaire, sur-tout depuis qu'on a reconnu l'existence de l'air dans les oxides métalliques. Il paroît donc, d'après ces faits, que la théorie pneumatique a de grands avantages sur celle de Stahl. Macquer, guidé par cette sage retenue dont nous ne pouvons que faire l'éloge, avoit cru pouvoir allier les découvertes modernes avec la doctrine du *phlogistique*. Suivant ce célèbre chimiste, les métaux ne

peuvent perdre leur *phlogistique* & se calciner, qu'autant que l'air pur de l'atmosphère se précipite & s'unit à leur propre substance, en dégageant la lumière qui leur est unie, & ils ne se réduisent que lorsque la lumière, aidée par la chaleur, en sépare l'air pur, en prenant sa place, de sorte que ces deux corps sont mutuellement précipitans l'un de l'autre. Mais comme personne n'a démontré encore l'identité de la lumière & de ce que Stahl a appelé *phlogistique*, ni le principe de la lumière dans les corps combustibles, l'opinion de Macquer n'est qu'une hypothèse dont on peut entièrement se passer, & qu'il n'est plus permis d'admettre.

Il est donc bien démontré aujourd'hui que les oxides métalliques sont des composés des métaux & d'oxygène; il seroit très-important de connoître les divers attractions électives qui existent entre ce principe & les substances métalliques. M. Lavoisier s'est déjà occupé de ce travail intéressant; mais ses expériences ne sont point encore assez multipliées, & leur résultat n'est point assez exact, pour qu'il soit possible de traiter ici cet objet avec les détails qu'il exigeroit.

Les substances métalliques s'altèrent à l'air; leur surface se ternit, quelques-unes se couvrent

de rouille. Les chimistes ont regardé la rouille comme un oxide métallique. Nous aurons occasion de revenir plusieurs fois sur cet objet, & de faire voir que l'eau en vapeurs oxide plusieurs substances métalliques, & que l'acide carbonique contenu dans l'atmosphère s'y unit après leur calcination.

L'eau dissout certains métaux; elle n'a aucune action sur quelques autres; lorsqu'elle est en vapeurs, elle favorise singulièrement la production de la rouille sur ceux qui en sont susceptibles; on fait, d'après les nouvelles découvertes de M. Lavoisier, qu'elle oxide avec beaucoup d'énergie ceux des métaux qui sont les plus combustibles, comme le zinc & le fer, & qu'elle se décompose en oxigène, qui s'unit à ces métaux, & en hydrogène qui se dégage uni à une très-grande quantité de calorique, & conséquemment sous la forme de gaz très-léger.

Les matières terreuses ne paroissent avoir aucune action sur les substances métalliques; mais elles s'unissent avec leurs oxides par la fusion.

On ne connoît pas du tout l'action des matières salino-terreuses sur ces substances.

Les alkalis en dissolvent quelques-unes, & n'agissent que foiblement sur la plûpart d'entre elles. Il paroît que l'eau ou le contact de l'at-

mosphère contribuent beaucoup à l'oxidation de plusieurs métaux opérée à l'aide des alkalis.

Les acides altèrent beaucoup plus ces substances & les dissolvent plus ou moins facilement. L'acide sulfurique produit alors ou du gaz hydrogène, ou du gaz sulfureux, suivant qu'il est uni à l'eau ou concentré; dans le premier cas, c'est l'eau qui se décompose, & qui en donnant son oxigène aux métaux produit le gaz hydrogène; dans le second, l'acide lui-même est décomposé, & son oxigène propre, en se fixant en partie dans les substances métalliques, laisse le soufre encore uni à une portion de ce principe, & conséquemment dans l'état de gaz acide sulfureux. L'acide sulfurique saturé des oxides métalliques dans l'une & l'autre de ces circonstances forme des sulfates appelés autrefois *vitriols*, qui doivent être regardés, lorsqu'ils sont cristallisés, comme des composés de quatre corps, savoir des métaux, d'oxigène, d'acide sulfurique & d'eau. Ces sulfates métalliques sont plus ou moins colorés, cristallisables, solubles dans l'eau, décomposables par la chaleur, par l'air vital dont ils absorbent l'oxigène, par les alkalis qui séparent les oxides métalliques, &c.

L'acide nitrique paroît agir sur les métaux avec plus de rapidité que l'acide sulfurique, quoi-

qu'il y adhère en général beaucoup moins. Il se dégage, pendant son action sur ces substances, une grande quantité de gaz nitreux; le metal se trouve plus ou moins oxidé; il se précipite, ou bien il reste uni à cet acide. Stahl attribuoit cet effet au dégagement du phlogistique des métaux. Les chimistes modernes pensent aujourd'hui qu'il est dû à la décomposition de l'acide nitrique & à la séparation d'une partie de l'oxigène d'avec l'azote, qui forment, comme nous l'avons exposé ailleurs, les deux principes de cet acide. Les dissolutions métalliques nitriques, ou les nitrates métalliques, sont plus ou moins cristallisables, décomposables par la chaleur, par l'air, par l'eau; les matières alkalines en séparent les oxides des métaux; l'acide nitrique a des attractions électives variées pour les différens métaux, comme l'acide sulfurique. M. Proust a découvert que plusieurs substances métalliques s'enflamment par le contact de cet acide.

L'acide muriatique agit en général avec peu d'énergie sur les métaux. L'eau qui lui est unie commence par les oxider, & produit le gaz hydrogène, qui se dégage des dissolutions opérées par cet acide. Ces dissolutions muriatiques sont en général plus permanentes que les deux précédentes, & presque toujours plus difficiles

à décomposer par la chaleur. Quelquefois elles fournissent des cristaux, souvent elles n'en donnent que très-difficilement. L'acide muriatique a plus d'affinité que les deux précédens avec plusieurs substances métalliques, & décompose leurs dissolutions sulfuriques & nitriques. Les muriates métalliques ont souvent de la volatilité.

L'acide muriatique oxigéné oxide la plupart des métaux avec beaucoup d'énergie, en raison de l'excès d'oxigène qu'il contient & qui lui est peu adhérent. Il les dissout sans effervescence & de la même manière que l'eau dissout les sels.

L'acide carbonique attaque foiblement les métaux; cependant il est susceptible de se combiner à la plupart, comme l'a démontré Bergman. La nature présente souvent des combinaisons de métaux avec cet acide, & quelquefois ces espèces de sels sont cristallisées; on les connoît sous le nom de *métaux spathiques*, comme le fer, le plomb spathiques; mais nous les désignerons comme les autres sels formés par cet acide, par les noms de carbonates de fer, de plomb, &c.

L'acide fluorique & l'acide boracique s'unissent également aux matières métalliques; mais ces composés sont en général peu connus.

Parmi toutes les combinaisons des métaux

avec les acides, les unes sont susceptibles de cristalliser, d'autres ne prennent aucune forme régulière. Il en est que le feu décompose, & quelques-unes n'éprouvent aucune altération de la part de cet agent. La plupart s'altèrent à l'air dont elles absorbent l'oxigène. Toutes sont plus ou moins solubles dans l'eau, & peuvent être décomposées par ce fluide en grande quantité, ainsi que l'a fait remarquer Macquer; toutes sont précipitées par l'alumine, la baryte, la magnésie, la chaux & les alkalis, qui ont en général plus d'affinité avec les acides, que n'en ont les oxides métalliques.

Lorsque quelques métaux sont employés pour séparer d'autres métaux de leurs dissolutions, les métaux précipités reparoissent avec leur forme & leur brillant métallique, parce que l'oxigène qui leur étoit uni dans l'état de dissolution s'en sépare & se reporte sur le métal précipitant qui se dissout à son tour dans l'acide; c'est pour cela que M. Lavoisier regarde avec raison ces précipitations des métaux les uns par les autres, comme le produit des attractions électives diverses de l'oxigène pour ces corps combustibles.

Les sels neutres ne sont que peu altérés par les matières métalliques, tant que l'on opère

par la voie humide ; mais si l'on chauffe fortement des mélanges de ces sels avec les métaux , plusieurs d'entre eux sont décomposés. Quelques sels sulfuriques forment alors du soufre. M. Monnet est le seul chimiste qui ait annoncé cette décomposition pour l'antimoine. Dans un travail suivi sur cet objet , j'ai découvert plusieurs autres métaux , tels que le fer , le zinc , &c. qui décomposent le sulfate de potasse , &c.

Le nitre détone avec la plupart des substances métalliques , & il les oxide plus ou moins fortement ; ce phénomène dépend de ce que l'oxygène a plus d'affinité avec plusieurs de ces substances qu'il n'en a avec l'azote. Les métaux , oxidés par ce sel , portent le nom d'*oxides métalliques* par le nitre. La base alkaline de ce sel dissout souvent une partie de ces oxides.

Le muriate ammoniacal est décomposé par plusieurs métaux , & par les oxides de presque toutes ces substances. Bucquet , qui a fait des recherches suivies sur cet objet , a remarqué que toutes les substances métalliques sur lesquelles l'acide muriatique a une action immédiate , sont susceptibles de décomposer complètement le muriate ammoniacal , qu'il se dégage du gaz hydrogène pendant ces décompositions , & qu'elles n'ont point également lieu avec celles de ces

substances qui ne sont point dissolubles par l'acide muriatique ordinaire. L'ammoniac, obtenu par ces décompositions, est toujours très-caustique & très-pur.

Presque toutes les matières combustibles minérales s'unissent facilement avec les métaux. Le gaz hydrogène les colore, & il réduit quelques-uns de leurs oxides, parce qu'il a plus d'affinité avec l'oxigène que n'en ont la plupart des métaux, comme l'a prouvé M. Priestley par des expériences fort ingénieuses. Ces réductions des oxides métalliques par le gaz hydrogène, sont accompagnées de la production d'une certaine quantité d'eau, par la combinaison de l'hydrogène avec l'oxigène dégagé des métaux.

Le soufre s'unit à la plupart des métaux; ces combinaisons forment des espèces de mines artificielles; lorsqu'elles sont humectées ou exposées à l'air humide, elles se *vitriolisent* ou se changent peu-à-peu en sulfates métalliques. Les sulfures alcalins dissolvent tous les métaux; le gaz hydrogène sulfuré les colore & décompose leurs oxides, qu'il fait repasser à l'état métallique en absorbant l'oxigène qui leur est uni.

Les métaux se combinent plus ou moins facilement entre eux; il en résulte des alliages dont les propriétés diverses les rendent susceptibles d'être employés avec succès dans différens arts.

§. VI. *Distinction méthodique des substances métalliques.*

Les substances métalliques étant en assez grand nombre, il est nécessaire d'établir entre elles un ordre qui réunisse celles dont les propriétés sont semblables, & sépare celles qui diffèrent les unes des autres. La ductilité seroit autrefois seule de caractère. Les substances métalliques, qui n'en ont point du tout, ou au moins dans lesquelles cette propriété est très-bornée, ont été appelées *demi-métaux*. Celles, au contraire, qui sont très-ductiles, ont été nommées *métaux*. Les demi-métaux étoient ou très-cassans, ou susceptibles de s'étendre légèrement sous le marteau; parmi les métaux, les uns, chauffés avec le concours de l'air, s'oxydent facilement; d'autres, au contraire, traités de même, n'éprouvent aucune altération. Les premiers étoient les *métaux imparfaits*; les seconds, les *métaux parfaits*. Mais les noms de demi-métaux & de métaux imparfaits tenant manifestement à des idées alchimiques & fausses sur ces substances, nous croyons devoir substituer d'autres divisions, fondées sur la ductilité & sur l'attraction des métaux pour l'oxygène; nous partageons les 17 métaux connus en 5 sections: nous n'y rangeons point encore l'uranite ni quelques autres matières métalliques annon-

cées nouvellement, & dont la découverte n'est pas confirmée.

SECTION I.

Métaux cassans & acidifiables.

L'arsenic,
Le tungstène,
Le molybdène.

SECTION II.

Métaux cassans & non acidifiables.

Le cobalt,
Le bismuth,
Le nickel,
Le manganèse,
L'antimoine.

SECTION III.

Métaux demi-ductiles & oxidables.

Le zinc,
Le mercure.

SECTION IV.

Métaux ductiles & facilement oxidables.

L'étain,
Le plomb,
Le fer,
Le cuivre.

SECTION V.

Métaux très-ductiles & difficilement oxidables.

L'argent,
L'or,
La platine.