
JOURNAL DES MINES.

N^o. 121. JANVIER 1807.

M É M O I R E

SUR LA DÉSULFURATION DES MÉTAUX;

Par M. GUENIVEAU, Ingénieur des Mines.

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

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

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

§. I^{er}.

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

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

Sulfure de mercure et d'arsenic.

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

Pyrite de fer.

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

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

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

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

Cuivre sulfuré et cuivre pyriteux.

(1) Proust. *Journal de Physique*, tome 53.

(2) *Schluttes*, tome 2, page 228 de la traduction.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. II.

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

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

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

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

Grillage du cuivre pyriteux.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Grillage de la galène.

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

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

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

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

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

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

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

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

Grillage en petit.

En plein air.

Au fourneau à réverbère.

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

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

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

(2) Fait par la voie humide.

laquelle

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

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

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

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

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

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

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

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

Théorie
du grillage
au fourneau
à réverbère.

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

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

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

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

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

(1) *Jars*, tome 2, pag. 530 et 534.

(2) Mémoire de M. Lelivec, Ingénieur des Mines, tome 19 du *Journal des Mines*.

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

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

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

Réflexions
sur les four-
neaux.

(1) En dernier résultat.

Grillage et
fonte de la
galène au
fourneau
écossais.

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

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

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

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

Désulfuration du mercure.

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

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

Désulfuration du cuivre.

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

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

Première expérience.

J'ai fait un mélange de 10 gramm. de cuivre pyriteux, dont je connaissais la composition, avec 4^{gramm.} 3 de fer en limaille; je l'ai mis dans un creuset, recouvert de poussier de charbon, et il a été chauffé pendant $\frac{1}{2}$ d'heure à la forge. La proportion du fer avait été calculée de manière qu'elle suffisait pour enlever tout le soufre combiné au cuivre dans le minerai employé. J'ai trouvé dans le creuset une masse parfaitement homogène, pesant 13^{gramm.} 1 qui ne contenait pas le moindre globule de cuivre métallique, ni aucun indice de séparation entre le *sulfure de fer* et celui de cuivre (1).

(1) Dans la décomposition de la galène par le fer, on observe, lorsque celui-ci est en trop petite quantité, trois

Deuxième expérience.

Un autre essai fut fait en employant 10 gr. de cuivre pyriteux et 5 gramm. du même minéral grillé; c'est à peu près le cas des fontes dans lesquelles le minerai ou les mattes ne sont pas complètement désulfurées; la proportion du fer était encore suffisante pour séparer du cuivre qui était très-abondant dans le mélange. Je chauffai $\frac{1}{4}$ d'heure, et trouvai, comme dans l'expérience précédente, une masse homogène sans indice de cuivre métallique, ni de sulfure de cuivre pur: c'était une vraie *matte de cuivre*.

Troisième expérience.

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

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

Désulfuration de la galène.

La galène est un des sulfures qui se prêtent

substances distinctes, du plomb, du sulfure de plomb, et enfin du sulfure de fer à la partie supérieure.

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

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

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

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

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

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

Par J. F. DAUBUISSON.

SECONDE PARTIE (1).

Exploitation de la Mine.

Exploitation proprement dite.

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

Mode de
travail sur
la roche.

Dans le travail à la poudre, les trous ont

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