

b. Quartz hyalin rubigineux jaunâtre :

Silice.	93,5
Oxyde de fer.	5,0
	<hr/>
	98,5

c. Quartz hyalin rubigineux rougeâtre :

Silice.	76 $\frac{1}{2}$
Oxyde de fer.	21 $\frac{1}{2}$
Alumine.	$\frac{1}{2}$
	<hr/>
	98 $\frac{1}{4}$

Examen du cobalt sulfaté, par M. le docteur Kopp à Hanau. Ce cobalt sulfaté provient des mines de Bieber dans la principauté de Hanau, et contient :

Oxyde de cobalt.	38,71
Acide sulfurique.	19,74
Eau.	41,55
	<hr/>
	100,00

Analyse d'un oxyde d'arsenic de Bieber, par le même.

(La suite à un autre Numéro.)

SUR LE SULFURE DE PLOMB (1).

Par M. COLLET-DESCOSTILS, Ingénieur en chef des Mines.

DE tous les travaux qui ont été publiés sur les sulfures métalliques, aucun, je crois, n'a eu pour objet l'action exercée sur ces composés par les fluides élastiques. M. Guenyveau, et depuis lui M. Gay-Lussac, ont examiné, à la vérité, les changemens opérés dans les sulfures par le contact de l'air, aidé de la chaleur; mais leurs recherches ne se sont pas étendues aux autres gaz.

J'ai pensé qu'il pourrait être utile de connaître les effets produits sur les corps dont il s'agit, par les substances aériformes, et surtout par celles qui peuvent être dégagées pendant le traitement des mines sulfureuses. Il m'a semblé que leur action étant déterminée, on en pourrait déduire l'explication de plusieurs des phénomènes que présentent les opérations métallurgiques. J'ai entrepris, d'après cette considération, quelques expériences sur ce sujet; j'exposerai dans cette note les résultats que j'ai obtenus, en opérant sur le sulfure de plomb, et j'y joindrai le détail de plusieurs autres essais sur la même matière. Les faits que j'ai observés me paraissent expliquer plusieurs particularités du traitement du plomb sulfuré, et indiquer assez clairement la cause principale des différences que l'on remarque dans les quantités des produits que donne ce minerai, selon

(1) Extrait du second volume des *Mémoires d'Arcueil*.

les méthodes que l'on emploie pour en extraire le métal.

Avant de décrire l'action des fluides élastiques sur le sulfure de plomb, il me paraît nécessaire de faire connaître de quelle manière il se comporte lorsqu'il est exposé à un feu violent dans des vaisseaux fermés.

Action de la chaleur.

Si on expose de la galène à une chaleur très-forte dans une cornue de grès lutée, à laquelle on ait adapté un tube de verre courbé qui plonge dans l'eau par son extrémité, seulement pour intercepter la communication avec l'air extérieur, bientôt il se manifeste une légère odeur d'acide sulfureux dont la formation doit être attribuée à l'air atmosphérique contenu dans la cornue; peu de tems après, l'intérieur du tube de verre se recouvre de gouttelettes de soufre; le soufre en se vaporisant paraît entraîner un peu de sulfure de plomb qui se dépose en poudre fine. Si on cesse de chauffer quand la quantité de soufre sublimé n'augmente plus sensiblement, et que l'on brise la cornue, on trouve dans le bec la plus grande partie du sulfure de plomb, une portion en petits cristaux, le reste en une masse compacte, très-fragile et très-éclatante dans sa cassure, et qui, par conséquent, n'a subi aucun changement dans sa composition. Le résidu, non volatilisé, a l'aspect d'une matière parfaitement fondue; sa fracture est encore brillante et lamelleuse; mais déjà il a un peu de ductilité, il se laisse couper au couteau, et une douce chaleur en fait écouler du plomb ductile; c'est enfin un

sous-sulfure analogue à celui qui est connu dans les fonderies sous le nom de *matte de plomb* (1).

Ainsi, par la chaleur seule, la galène éprouve un commencement de décomposition. Une portion du soufre se sépare, le résidu est un sous-sulfure, et la plus grande portion de la galène est sublimée; mais cette sublimation exige une chaleur très-violente, et m'a paru différer beaucoup, sous ce rapport, de celle qui a eu lieu dans les expériences subséquentes, dans lesquelles j'ai soumis la galène à l'action d'un courant de gaz, et dont je vais rendre compte.

Action des gaz sur le sulfure de plomb.

L'appareil dont j'ai fait usage consistait en un tube de porcelaine, dans lequel j'introduisais un poids déterminé de galène en petits fragmens. Ce tube traversait un fourneau, de manière que les deux bouts du tube excédaient les parois extérieures du fourneau de 6 à 8 centimètres chacun. A l'une des extrémités j'avais adapté un tube de verre courbé qui plongeait de quelques millimètres dans l'eau. Par l'autre extrémité, j'introduisais le gaz dont je voulais connaître les effets, et j'avais soin, toutes les fois que cela était possible, d'en faire passer d'abord dans l'appareil une assez grande quantité pour exclure tout l'air atmosphérique. Je chauffais ensuite, et quand le tube était d'un

(1) M. Guenyveau a obtenu un résidu semblable, (*Voy. Journal des Mines*, tom. 21, pag. 9); mais comme il avait employé un creuset brasqué, on aurait pu attribuer le changement opéré dans la galène à la présence du charbon.

rouge cerise, je le faisais traverser plus ou moins vite par le courant de gaz.

Action du gaz acide sulfureux et de l'acide carbonique.

Je réunis ici les deux expériences faites avec ces deux acides différens, parce qu'ils m'ont paru n'avoir opéré aucun changement dans la composition de la galène (1). Leur effet s'est borné à entraîner une quantité considérable de cette substance qui a bientôt recouvert les parois intérieures du tube de verre, et dont le surplus s'est déposé en poudre impalpable dans l'eau, au milieu de laquelle plongeait l'extrémité de ce tube.

En ne dégageant que lentement l'acide sulfureux, le sulfure de plomb n'est point sorti du tube de porcelaine; mais j'ai trouvé ensuite la portion de ce tube qui excédait le fourneau, remplie de cristaux de sulfure de plomb très-fragile, et dont quelques-uns avaient jusqu'à trois millimètres de diamètre (2). La forma-

(1) En opérant sur une très-petite quantité de galène avec l'acide carbonique, il est resté un petit bouton de plomb ductile; mais comme il s'était formé un peu d'acide sulfureux qui s'était dissous dans l'eau où plongeait le tube de verre, peut-être cette décomposition d'une portion de sulfure était-elle due à la présence d'un peu d'air atmosphérique.

(2) Tous ces cristaux étaient incomplets sur le centre de chaque face. Il y en avait même dont les arêtes seulement étaient formées, de sorte qu'ils présentaient six trémies réunies par leurs sommets.

On trouve quelquefois des cristaux de sulfure de plomb dans les crevasses de la maçonnerie des fourneaux de fusion. Ils sont probablement dus à une cause analogue.

tion de ces cristaux prouve que le courant de gaz n'exerce pas seulement une action mécanique sur le sulfure de plomb, mais que ce dernier s'élève en vapeurs qui se condensent ensuite par le refroidissement, et forment des corps réguliers, si le dégagement des gaz est assez lent.

Action de la vapeur d'eau.

Les effets de la vapeur d'eau relativement à la volatilisation de la galène, sont analogues à ceux qui viennent d'être décrits. Elle l'entraîne de même en grande quantité; mais le résidu présente, outre le sulfure de plomb non altéré, du plomb métallique, et de l'oxyde de plomb. Pendant l'opération on peut recueillir de l'hydrogène et de l'acide sulfureux. Ces résultats pouvant provenir de plusieurs causes, il est difficile d'indiquer la véritable; mais il est à remarquer que la vapeur d'eau détermine, comme les autres gaz, la vaporisation du sulfure de plomb.

Action de l'hydrogène.

L'hydrogène entraîne, comme les gaz précédens, lorsque le courant est rapide, une portion de sulfure de plomb, mais la plus grande quantité se trouve réduite à l'état de plomb ductile par la soustraction du soufre qui se combine à l'hydrogène, et forme de l'hydrogène sulfuré (1). Il est à remarquer,

(1) M. Klaproth, en distillant la mine hépatique de mercure d'Idria, a obtenu un effet analogue qu'il a attribué à l'action du charbon, soit sur la petite quantité d'oxygène qui peut être combinée au mercure, soit sur le soufre avec lequel il formerait du soufre carburé. *Journ. des Mines*, tom. 19, pag. 320.

au surplus, que pour opérer cette décomposition, il est nécessaire que la chaleur ait une certaine intensité; car la galène n'a été convertie en plomb pur que dans la portion du tube de porcelaine qui se trouvait comprise entre les parois intérieures du fourneau (1). La partie excédente n'était tapissée que de sulfure de plomb.

Action de l'air atmosphérique.

M. Guenyveau a fait voir que par l'action lente de l'air et de la chaleur, le sulfure de plomb pouvait être converti presque en totalité en sulfate; mais si au lieu de laisser agir len-

(1) Cette décomposition indique l'origine de l'odeur d'hydrogène sulfuré que répandent les grillages de galène, opérés en plein air, par le moyen du bois ou du charbon humide, et prouve que cette odeur n'est point un indice du mélange des pyrites. Ce n'est pas, à la vérité, de l'hydrogène pur qui se dégage dans ces circonstances; mais les chimistes hollandais ont prouvé que les gaz hydrogènes carburés avaient la propriété de former de l'hydrogène sulfuré (en déposant du charbon), par leur contact avec le soufre à une haute température. Il paraît même que cet effet a lieu plus facilement avec l'hydrogène carburé qu'avec l'hydrogène pur, puisqu'ils n'ont pu obtenir d'hydrogène sulfuré avec ce dernier. (Voyez Thomson, tom. 1, pag. 99). Je présume que cela tenait au degré de chaleur qu'ils ont employé; car M. Gengembre, comme ils l'observent eux-mêmes (*Journal de Physique*, tom. 40, pag. 414), avait eu un autre résultat en fondant du soufre sous une cloche pleine de gaz hydrogène, par les rayons du soleil rassemblés au foyer d'une lentille; et j'ai obtenu aussi de l'hydrogène sulfuré en faisant passer de l'hydrogène sur du soufre fondu dans un tube de porcelaine. Je crois me rappeler avoir vu faire à M. Vauquelin la même expérience avec le même résultat, il y a une quinzaine d'années, dans une leçon à l'Ecole Polytechnique.

tement l'air, on le fait passer avec rapidité sur de la galène chauffée au rouge, on voit s'élever de l'extrémité du tube par où sort le courant, une fumée blanche et épaisse qui a une forte odeur d'acide sulfureux, et qui dépose bientôt sur les corps qu'elle touche une poussière blanche et fine, qui n'est autre chose que du sulfate de plomb, mêlé peut-être avec un peu de sulfite. C'est la même matière qui compose les torrens de fumée blanche qui s'élèvent des fourneaux où l'on traite le plomb, et dont M. Proust a le premier, je crois, fait connaître la nature (1).

Après un certain tems, ces fumées cessent presque entièrement, et si l'on examine la substance restée dans le tube, on trouve que c'est du plomb pur. On en retire ainsi un poids à-peu-près égal à la moitié de celui de la galène soumise à l'expérience.

Si dans cette circonstance la matière entraînée par le courant de gaz n'est pas de même nature que celle qui a été sublimée dans les expériences précédentes, il est évident que cela est dû à l'action exercée par l'oxygène sur les molécules du sulfure de plomb aussitôt qu'elles sont séparées de la masse solide; exposées en même tems à la chaleur et à l'oxygène, elles doivent être converties immédiatement en sulfate. Il me paraît probable que l'azote et l'acide sulfureux qui se forme, favorisent la volatilisation du sulfure de plomb; cependant l'oxygène seul produit un effet semblable, ce qui prouve de nouveau

(1) *Journal de Physique*, tom. 30, pag. 395.

que le sulfure de plomb donne des vapeurs à une chaleur assez faible.

Ces vapeurs sont converties en sulfate ou entraînées à l'état de sulfure, selon qu'elles sont ou ne sont pas en contact avec l'oxygène: ainsi il n'y a pas de doute que tout le sulfure sublimé dans les premières expériences ne se fût converti en sulfate, s'il eût été mis en contact avec l'oxygène au moment même où il venait de se réduire en vapeur. Ceci se trouve confirmé par l'expérience suivante.

Action du mélange d'air atmosphérique et du gaz acide sulfureux.

Si au lieu d'air atmosphérique seul on emploie un courant composé d'air atmosphérique et d'acide sulfureux, on a des résultats semblables à ceux de l'expérience précédente, avec cette différence cependant, que la quantité de plomb métallique qui reste dans le tube est proportionnellement beaucoup moins considérable. Ici l'acide sulfureux mêlé à l'air atmosphérique, détermine bien une plus forte vaporisation de la galène, mais elle se trouve aussitôt convertie en sulfate de plomb.

D'après les observations qui viennent d'être rapportées, on peut, je pense, établir comme un fait certain que la sublimation du sulfure de plomb est singulièrement favorisée par un courant d'un gaz quelconque qui peut d'ailleurs agir par ses propriétés chimiques. Cet effet, qui dépend de la faculté que présente ce sulfure de se vaporiser en partie en vaisseaux clos, est une nouvelle preuve de la généralité de ce phénomène, sur lequel M. Gay-Lussac, dans son

Mémoire

Mémoire sur la vaporisation des corps (1), a le premier appelé l'attention des chimistes, et c'est en même tems un des exemples les plus frappans que l'on puisse citer.

Le plomb, comme on peut le conclure des expériences mêmes qui viennent d'être décrites, ne se sublime pas, à beaucoup près, avec la même facilité.

Le sulfate de plomb ne paraît éprouver aucune action de ce genre de la part des gaz auxquels on l'expose. Seulement quelques-uns agissent sur lui chimiquement; ainsi à une température assez basse l'hydrogène le réduit en sulfure, et il agit ensuite comme il a été dit plus haut.

Si l'on réfléchit maintenant à la faculté qu'ont les gaz de favoriser la vaporisation du sulfure de plomb, on concevra facilement quelle perte doit produire leur action dans le traitement de ce minerai, et combien, par conséquent, il est désavantageux de séparer le soufre à l'état d'acide sulfureux. Aussi tous les procédés dans lesquels cet acide se dégage, font éprouver un déchet considérable. Dans les fourneaux à réverbère, par exemple, où l'on grille le sulfure de plomb, et où l'acide sulfureux est produit ou par l'action directe de l'air atmosphérique sur le sulfure, ou par la réaction d'une portion de sulfate sur le sulfure (2), les cheminées s'engorgent en peu de tems et se trouvent remplies de

(1) *Mémoires d'Arcueil*, tom. premier, pag. 204.

(2) Cette réaction que M. Gueynyveau a fait connaître (*Journ. des Mines*, tom. 21, pag. 16 et suiv.) produit, d'après lui, selon les proportions employées, un mélange

sulfate de plomb, ce qui n'est qu'une faible portion de la quantité qui se dégage en fumées.

Dans les fourneaux à manche, la perte doit être et est, en effet, beaucoup plus forte; car il est évident que la chaleur étant beaucoup plus intense, le vent des soufflets doit agir non-seulement sur le sulfure, mais même sur le plomb; aussi dans quelques fonderies où l'on fait usage de cette espèce de fourneau, pour fondre la mine grillée, on répand chaque année des milliers de quintaux de plomb dans l'atmosphère. Il est possible que les scories que l'on a coutume de mêler au minerai grillé, s'opposent jusqu'à un certain point à cet effet qu'il faut bien distinguer de l'effet purement mécanique du vent des soufflets. Mais dans ce cas, si le sulfate est abondant, comme cela est inévitable, ou que la mine soit mal grillée, c'est-à-dire, qu'il y reste beaucoup de sulfure, les fourneaux donnent une grande quantité de mattes de plomb ou plomb sous-sulfuré qu'il faut repasser à la fonte, ce qui occasionne de nouveaux déchets.

Par tout ce qui précède, on doit juger que la manière la plus profitable de traiter les

d'oxyde et de sulfate, ou d'oxyde et de sulfure; mais ce dernier résultat ne s'obtient, avec les proportions qu'il indique, que lorsque la chaleur n'a point été vive. En chauffant peu j'ai obtenu les résultats qu'il annonce; mais avec un degré de feu plus considérable, j'ai eu du plomb ductile. Les mêmes effets se produisent avec un mélange direct d'oxyde et de sulfure de plomb. Dans le cas où la chaleur n'est point assez forte pour décomposer la galène, cette dernière se présente comme une masse très-bien fondue, et sa surface offre une multitude de petits cubes saillans et parfaitement réguliers.

mines de plomb sulfureuses, est de les décomposer par une substance qui absorbe le soufre sans donner naissance à aucun produit gazeux. Le fer est employé à cet usage dans beaucoup d'usines, et c'est, je crois, le meilleur intermède dont on puisse se servir; mais dans ce cas même, il est important d'empêcher le contact de l'air des soufflets sur le mélange avant que la décomposition ait eu lieu. Les scories que l'on ajoute n'ont pas le même inconvénient que dans le procédé où l'on fond la mine sans fer, puisque ce dernier absorbe le soufre au milieu même du mélange en fusion. Cependant il est impossible que toute la galène soit mise à l'abri du courant d'air, et dans ce cas, il y aura une perte notable si l'on en juge par la différence de résultat des expériences suivantes.

Si, dans une cornue disposée comme celle dans laquelle on a soumis la galène seule à une vive chaleur, on chauffe un mélange de dix parties de sulfure de plomb et de trois de limaille de fer, on obtient à peine quelques traces de galène sublimée, pourvu que la cornue soutienne l'impression du feu; mais si elle se fend, il se dégage aussitôt une fumée noire et abondante qui est du sulfure de plomb, parce qu'à l'extrémité du tube elle est déjà trop froide pour se convertir en sulfate (1).

(1) On obtient un résultat analogue lorsque la galène est seule; si la cornue se fend, le sulfure de plomb se vaporise en entier, et si on arrête avant qu'il soit entièrement sublimé, la portion qui reste est dure et fragile et ne paraît point avoir subi de décomposition partielle.

Pour éviter un pareil inconvénient, il faudrait que le mélange de fer et de galène fût exposé à la chaleur sans être frappé par le courant d'air. Dans les travaux en grand un fourneau à réverbère me paraîtrait le meilleur à employer pour atteindre ce but. Il suffirait de recouvrir le mélange de fer et de galène d'une légère couche de matière facilement vitrifiable; alors on n'aurait presque aucunes pertes à craindre.

Malheureusement le fer, dans beaucoup d'endroits, est d'un prix trop élevé pour que l'on puisse l'employer dans ce travail. Je ne crois pas qu'il soit possible de le remplacer avec un succès entier par ses oxydes; car le dégagement de l'acide sulfureux occasionnerait nécessairement une grande perte. En ajoutant au mélange une certaine dose de charbon en poudre, l'acide carbonique pourrait de même entraîner beaucoup de galène. Il serait peut-être possible d'éviter ces inconvénients, et d'employer avec avantage une mine de fer très-riche en oxyde. Il suffirait de réduire le fer à l'état métallique par une opération préliminaire. Cette opération consisterait à briser la mine en petits fragmens, à la mêler ensuite avec de la poussière de charbon, et à la chauffer au rouge seulement pendant quelques heures. On sait que le fer passe ainsi à l'état ductile. Je ne sais jusqu'à quel point cette opération serait facile à exécuter, et je ne la propose qu'avec beaucoup de défiance; elle me paraît néanmoins mériter que l'on fasse quelques essais pour reconnaître la possibilité de la mettre en pratique.

ANALYSE

D'un Fer carbonaté fibreux pseudomorphique (1).

Par M. P. BERTHIER, Ingénieur des Mines.

ON trouve dans le département du Cantal, aux environs du village de Saint-Vincent, une substance ferrugineuse en masses isolées plus ou moins considérables, qui imitent souvent par leur volume et leur irrégularité des troncs d'arbres tortueux. Cette substance est d'un brun-noirâtre foncé. Sa pesanteur spécifique est de 3,25; elle n'est point attirable, mais elle le devient lorsqu'on l'expose quelque tems au dard intérieur du chalumeau. Sa structure est fibreuse; les fibres sont droites et parallèles; à une vive lumière, elles brillent et paraissent être composées d'une multitude de petites lamelles. Sa cassure longitudinale est schisteuse et esquilleuse; celle transversale est grenue à petits grains lamelleux. Les faces de fracture sont souvent ternies par une matière argileuse qui remplit aussi les crevasses longitudinales et plus ordinairement transversales que l'on remarque dans tous les morceaux.

A son aspect, j'avais jugé que ce minéral était un oxyde de fer du genre des hématites. J'en fis l'essai; il fondit très-bien sans addition, et 10 grammes produisirent un culot de fonte de

(1) Ce minéral porte dans la collection du Conseil le n^o. $\frac{1006}{24}$.