

sur lesquelles on lave des sables très-fins et des schlams, que l'on éprouve une grande perte, on en conclura que la perte totale doit être très-peu considérable : je ne crois pas qu'elle puisse être évaluée à plus d'un quinzième. M. Schreiber est arrivé à ce résultat satisfaisant en bocardant à très-grande eau, en élargissant les interstices des grilles qui ferment les auges des bocards, et en faisant quelques changemens dans la disposition des labyrinthes. Avant qu'il prit la direction de l'établissement, on obtenait beaucoup moins de gros sable, et par conséquent plus de schlam; aussi la préparation mécanique était-elle plus dispendieuse et perdait-on beaucoup plus de schlich.

SUR les Moyens de séparer le Sulfure d'Antimoine de sa gangue ;

PAR M. P. BERTHIÉ, Ingénieur au Corps royal des Mines.

LE sulfure d'antimoine se trouve rarement pur dans les mines. En France, il est toujours tellement mélangé avec sa gangue, qu'on ne peut en séparer qu'une très-petite quantité par le triage. Sa gangue est presque toujours du quartz; quelquefois, mais rarement, c'est un schiste micacé ou argileux. Le sulfure d'antimoine est très-fusible, sa gangue au contraire est infusible; par-tout et depuis un temps immémorial on l'extrait de son minerai, en exposant celui-ci à un degré de chaleur convenable dans des pots percés, et quelquefois dans un four à réverbère (1).

Au premier aperçu ce procédé paraît bon, parce qu'il est simple et facile; je crois cependant que les moyens mécaniques que l'on emploie pour préparer presque tous les autres minerais métalliques seraient préférables. Les détails dans lesquels je vais entrer mettront à même d'en juger.

Dans l'été de 1810 j'ai visité les mines de la Licouln, situées dans le département de la Haute-Loire, à peu de distance de la ville de Brioude; j'ai assisté à une fonte, j'ai fait peser divers produits, et j'ai recueilli les renseignemens les plus précis sur tout ce qui concerne l'établissement.

(1) *Journal des Mines*, t. IX, p. 459.

Le fourneau est circulaire : à l'extérieur il présente l'aspect d'une tour de 4 à 5 mètres de hauteur, et de 2^m,6 de diamètre. Il y a dans l'intérieur deux fours semblables à ceux des boulangers, et placés l'un au-dessus de l'autre. On chauffe le minerai dans le four inférieur, et l'on fait cuire les pots dans le four supérieur. Le four à minerai a un mètre de hauteur, la sole est élevée d'un mètre au-dessus de terre, son diamètre est occupé par une grille de 3 à 4 décimètres de largeur, et de 16 décimètres de longueur. Huit ou dix ouvertures pratiquées à la circonférence servent de cheminée, et conduisent la flamme et la fumée dans le four supérieur qu'elles échauffent.

Pour fondre le minerai, on le concasse en morceaux de la grosseur d'un œuf tout au plus, et on le place dans des pots de 3 décimètres de haut sur 2 de large, percés d'un trou à leur fond. Un pot peut en contenir environ 10 kilogr. Les pots sont faits de telle manière qu'ils peuvent entrer les uns dans les autres de quelques centimètres seulement. Ceux dans lesquels le sulfure fondu est reçu, se nomment *pots à boulets*; ils ont la même forme que les pots à minerai, mais ne sont pas percés. On place dans le four trois rangées circulaires de pots à boulets, en tout environ soixante-quatre, et sur chacun de ceux-ci un pot percé si le minerai est très-riche, deux s'il l'est moins, et trois s'il est pauvre. On remplit ensuite tous les interstices avec des pots bien secs pour les cuire; on chauffe graduellement afin de fondre le sulfure sans réduire la gangue en poudre, effet qui aurait infailliblement lieu si le minerai était subitement

exposé à une forte chaleur. Le combustible est du bois de pin coupé en bûches de 2^m, de longueur; on finit par en remplir le four, et on jette en outre des fagots dans le cendrier, afin de produire beaucoup de flamme; le feu dure douze heures. On laisse refroidir lentement, et aussitôt que les ouvriers peuvent entrer dans le four, ils en retirent les pots. On casse les pots qui contiennent le sulfure, et on en retire une masse qu'on appelle un *boulet*. Quant aux pots à minerai, on tâche d'en retirer les crasses qu'ils renferment sans les briser, afin de les faire servir de nouveau; mais quelque précaution que l'on prenne, on en perd près des trois-quarts.

On traite 1300 à 1500 kilogr. de minerai par fonte, et on obtient 220 à 750^k de sulfure fondu; le produit moyen est de 500^k, c'est-à-dire le tiers du poids du minerai; on rejette celui-ci lorsqu'il ne rend que 0,15. Dans l'opération à laquelle j'ai assisté, 1300^k de minerai ont fourni 260^k de sulfure, ou un cinquième.

On consomme trois stères de bois en bûches, et trente à quarante fagots, qui valent ensemble 12 fr. On perd cent cinquante pots, qui coûtent chacun 0^f,10, et on donne au fondeur 3^f par quintal métrique de sulfure fondu, et en outre une indemnité de 0^f,60 par chaque fonte; moyennant ce prix il se charge de casser et trier tout le minerai, de le fondre, etc.

Lorsqu'une fonte produit 220^k de sulfure, la dépense est donc de.

	12 ^f ,00	pour le bois.
	au moins.	15,00 pour les pots.
	et.	7,20 pour le fond ^r .

Total. 34^f,20.

Et la préparation de 100^k. coûte 15^l50 au moins.

Lorsque le produit est de 750^k. de sulfure, la dépense est de..... 12^l,00 pour le bois.
et au plus... 15^l,00 pour les pots.
et. 23^l,10 pour le fond^r.

Total. 50,10.

Et la préparation de 100^k. ne coûte que 7^l00.

Il est aisé de voir que le prix de la préparation de 100^k. de sulfure est, d'après le produit moyen, de 8 fr. 50 c. : or, la préparation mécanique de la même quantité de galène ne coûtait pas à Pezey, tous frais faits, plus de 4 fr., quoique le minerai n'en contient que 15 pour 100; il est donc déjà évident que le procédé mécanique est plus économique que le procédé de fusion, mais on va voir que celui-ci a encore bien d'autres désavantages.

Il s'en faut de beaucoup que l'on retire par la fusion tout le sulfure d'antimoine que contient le minerai; il s'en perd de plusieurs manières :

1°. Il y a toujours un certain nombre de pots qui cassent; et quand ce sont des pots à boulets, tout le sulfure coule dans les cendres, et on ne peut en recueillir que très-peu.

2°. La matière qui reste dans les pots est enduite de sulfure d'antimoine fondu qui y adhère fortement, et qu'on ne peut en séparer ni par la chaleur ni par aucun autre moyen. La quantité en est souvent très-considérable, sur-tout si la gangue chauffée trop brusquement a été réduite en poussière, parce qu'alors le sulfure fondu est retenu entre les grains pierreux, comme de l'eau dans une éponge. Cet

accident arrive presque toujours aussi lorsque les pots se bouchent.

J'ai trouvé par l'analyse que les crasses riches contiennent 0,24 ou près d'un quart de leur poids de sulfure, et que les crasses les plus communes en renferment encore 0,09°. La moyenne doit être au moins de 0,11. Le minerai rendant 0,33 de sulfure, ce qui reste dans les crasses équivaut au moins à un sixième de ce que l'on obtient. Lorsque le minerai rend 0,40, le sulfure qui reste dans les crasses ne forme que le dixième de celui qu'on obtient; mais lorsque le minerai ne produit que 0,15, la portion que les crasses retiennent est égale à la moitié du poids du sulfure fondu.

3°. Les pots à boulets sont recouverts, dans leur intérieur, d'une couche de sulfure d'antimoine qu'il est impossible d'en détacher, et qui pèse au moins 150 grammes.

4°. Le sulfure d'antimoine est très-volatil, aussi la fumée du four est-elle remplie d'une vapeur blanche d'oxide d'antimoine qui incommode beaucoup les ouvriers. Cet oxide se dépose dans les cheminées, sur les pots, etc., et souvent il cristallise en groupes aciculaires d'un blanc de nacre éclatant. Il est vraisemblable que la vapeur antimoniale provient principalement du sulfure qui tombe dans le foyer lorsque quelques pots viennent à se briser; cependant, il est certain qu'il se volatilise aussi une partie du sulfure qui est contenu dans les pots, puisque les interstices des crasses dont ils sont remplis, après la fusion, sont tapissés de soufre et d'aiguilles d'oxide d'antimoine. Pour atténuer autant que possible cette cause de perte, il est

bien essentiel de ne pas chauffer trop fortement et d'éteindre le feu aussitôt qu'on juge que la fusion est opérée ; l'expérience suivante fera voir combien la volatilisation pourrait devenir considérable.

J'ai mis 20 grammes de sulfure d'antimoine natif et parfaitement pur dans un creuset brasqué de charbon ; j'ai rempli le creuset de charbon, je l'ai fermé avec un couvercle et je l'ai placé dans un fourneau à vent qui donne ordinairement une température de 40° pyrométriques. J'ai chauffé graduellement et pendant une heure et demie. Au bout de ce temps je l'ai retiré. Le bord du creuset était très-blanc. Il contenait un culot très-caverneux et adhérent de toutes parts à la brasque : sa cassure était lamelleuse et cristalline, et présentait la même couleur et le même éclat que l'antimoine métallique. Le culot ne pesait plus qu'à-peu-près 12^{e} . La perte avait donc été d'environ $0,40^{\circ}$. J'ai traité 5^{e} de ce culot par l'acide nitrique pur, et il m'a donné $6,1$ d'oxide d'antimoine coloré en jaune par un peu d'oxide de fer et $0,5$ de sulfate de baryte qui représentent $0,07$ de soufre. Le culot contenait donc :

Antimoine. $0,980$
Soufre. . . $0,014$

Ainsi, presque tout le soufre s'est volatilisé en entraînant beaucoup d'antimoine, et il est resté de l'antimoine métallique mêlé d'un peu de sulfure (1).

(1) Lorsqu'on chauffe le sulfure d'antimoine dans un creuset non brasqué, la volatilisation n'est que $0,15$ à $0,20$ au lieu de $0,40$ à $0,50$. Le résidu est un peu plus blanc que le sulfure

L'oxide qu'on recueille dans les cheminées ne contient pas de soufre ; je l'ai analysé, et je n'y ai trouvé qu'un mélange accidentel de sable et une trace d'acide sulfurique. On ne trouve du soufre sublimé que dans l'intérieur des pots.

L'expérience que je viens de rapporter faisait présumer que le sulfure fondu contient moins de soufre que le sulfure natif. Pour vérifier cette conjecture par l'analyse, j'ai traité 5^{e} de sulfure fondu par l'acide nitrique pur, j'ai étendu d'eau, décanté et bien lavé ; la liqueur m'a donné, par un sel de baryte, $5,85$ de sulfate contenant $0^{\text{e}},82$ de soufre. J'ai extrait mécaniquement de l'oxide d'antimoine $0^{\text{e}},35$ de soufre, puis j'ai partagé cet oxide en deux portions égales après l'avoir desséché : la première portion calcinée a laissé $2^{\text{e}},25$ d'oxide d'antimoine, et la seconde, traitée par l'acide hydrochlorique bouillant, a donné $0^{\text{e}},05$ de soufre. Le sulfure contenait donc :

Antimoine. $0,730$
Soufre. . . $0,255$

J'ai lieu de croire que la perte porte sur le métal. Le sulfure natif contenant $0,27$ de soufre, une partie de ce combustible a dû se dissiper pendant la fusion ; mais je suis convaincu que le sulfure du commerce en contient souvent beaucoup moins encore.

J'ai cherché à évaluer, par une expérience directe, la perte qu'éprouve le minerai par volatilisation dans l'opération de la fusion en grand.

natif, et contient $0,20$ de soufre. Le charbon contribue donc puissamment à la désulfuration de l'antimoine ; il agit de même, mais moins énergiquement, à l'égard de quelques autres métaux.

J'ai fait peser dix pots remplis de minerai, leur poids total était de 135^k, et celui du minerai qu'ils contenaient de 105^k. Après la fusion, les mêmes pots ne pesaient plus que 97^k, et on a eu en outre cinq boulets qui pesaient 22^k, total 119^k. La perte a donc été de 16^k. Cette perte est trop considérable pour qu'on ne doive pas en attribuer une partie à l'eau contenue dans la gangue; mais je n'ai pu recommencer l'expérience, comme je l'aurais désiré, en ayant égard à cette circonstance. Il me paraît qu'on peut évaluer au cinquième, et peut-être au quart, la somme des pertes de tous genres qu'éprouve le sulfure d'antimoine dans le traitement du minerai à la Licouln. Ce qui précède et ce que l'on sait sur la préparation mécanique des minerais de plomb, prouve évidemment que dans le cas où le sulfure d'antimoine ne serait pas beaucoup plus difficile à séparer de sa gangue, par le lavage, que la galène, il y aurait beaucoup d'avantage à employer ce moyen au lieu de celui dont on a fait par-tout usage jusqu'à présent. Il est probable que le lavage du minerai d'antimoine demanderait plus de soin et de temps que le lavage du minerai de plomb, parce que le sulfure d'antimoine se réduit plus aisément en poudre que la galène, et qu'il est d'ailleurs moins lourd dans le rapport de 4,3 à 7,2; néanmoins, comme dans les mines de France, le sulfure d'antimoine n'est accompagné que de quartz et de pierres dont la pesanteur spécifique ne dépasse pas 2,8, et qu'il n'est jamais mêlé de baryte sulfatée ni de pyrite, je crois que le lavage ne présenterait aucune difficulté. Je l'ai tenté en petit avec le plus grand succès, et j'ai extrait, par ce moyen,

d'un minerai de la Licouln, à la vérité très-riche, 0,72^c de sulfure parfaitement pur. L'attention principale qu'il faudrait avoir, serait de faire le plus possible de gros sable et d'éviter de produire des boues. On atteindrait ce but en bocardant à grande eau et en criblant les sables.

En supposant que le mélange de toutes les variétés de minerais soit tel qu'il rende 0,33 par le lavage, et en partant des données que nous a fournies l'ancien établissement de Pezey, on voit qu'une petite usine composée d'un bocard à trois pilons, qui ne marcherait que pendant quatre mois, d'une caisse allemande et de sept à huit tables jumelles, suffirait pour produire 500 quintaux métriques de sulfure d'antimoine en un an. Si le minerai ne rendait que 0,15 à 0,20^c, et il y aurait de l'avantage à réduire sa richesse à ce terme en en séparant autant de mine grasse qu'il serait possible par le triage, pour que l'usine produise 500 quintaux, il faudrait qu'elle renfermât deux caisses allemandes, quatorze à quinze tables jumelles, et que le bocard marchât huit mois ou fût à six pilons. Une semblable usine coûterait fort peu à établir. Le ruisseau qui passe à la Licouln fournirait assez d'eau pour la faire mouvoir.

Par la méthode de fusion, la perte que l'on éprouve, relativement à la quantité de sulfure que l'on obtient, est d'autant moins grande que le minerai est plus riche. La dépense décroît aussi progressivement à mesure que la richesse augmente. Si donc l'on n'avait à traiter que du minerai très-riche, l'avantage qu'il y aurait à changer le procédé pourrait n'être pas assez grand pour qu'on se déterminât à construire une

laverie ; mais lorsque , comme aux mines de la Licouln et dans la plupart de nos mines , on exploite des minerais de richesse très-variable et qui ne produisent , terme moyen , que 0,33°, l'avantage du procédé de préparation mécanique est incontestable. Les exploitans qui l'adopteront y gagneront non-seulement , parce que d'une même quantité de minerai ils retireront plus de sulfure , et que pour une même quantité de fabrication il leur en coûtera beaucoup moins pour frais de préparation ; mais encore parce qu'ils pourront tirer parti de minerais pauvres qu'ils jettent maintenant au rebut , et qu'ayant une moins grande masse de matières à extraire de leurs mines , il y aura économie sur les frais d'exploitation.

Ainsi , sous le rapport de l'aménagement et de la conservation de nos mines , il serait utile de substituer au procédé actuel de préparation du minerai d'antimoine le mode de préparation mécanique que l'on emploie pour la plupart des autres minerais métalliques , et les exploitans gagneraient de toute manière à ce changement. On y trouverait encore l'avantage d'appliquer à de meilleurs usages le combustible que l'on consomme aujourd'hui mal-à-propos.

Il est à désirer que nos exploitans fassent l'essai de ce procédé , et que le Gouvernement seconde les efforts qu'ils pourront faire. Un semblable essai serait très-simple , ne nécessiterait aucune construction et n'occasionnerait presque aucune dépense qui ne fût compensée par la valeur des produits.

NOTE

Sur un gisement analogue à celui de la Roche-Noire (1) ;

Par M. GARDIEN, Ingénieur au Corps royal des Mines.

Il existe au sud-est et près du bourg de la Capelle-Marival (à deux myriamètres environ de Figeac), une haute colline formant l'extrémité d'un chaînon qui va se lier aux montagnes du Cantal et qui paraît composée principalement d'une roche analogue à celle de Noyant , dite roche Noire.

Cette colline offre vers l'est et à sa sommité quelques couches de grès et des indices de houille. On y a fait des recherches , dans l'espérance d'y établir une exploitation ; mais les résultats n'ont pas été satisfaisans.

Quoique les localités ne soient pas favorables aux observations , j'ai pu faire les remarques suivantes :

1°. Près des excavations à demi-comblées où l'on avait recherché le combustible , on trouve des fragmens de grès et de houille provenant d'un affleurement. Immédiatement à côté , on rencontre une grande quantité de blocs isolés de couleur noire ou brune à l'extérieur , jaunâtre ou verdâtre à l'intérieur , contenant des nids de péridot granuliforme en décomposition.

2°. J'ai d'abord pensé que cette roche était

(1) Cette roche a été décrite dans les *Annales des Mines*, an 1818, page 45.