

qui paraît présenter par-tout des caractères analogues, cessera de paraître si extraordinaire.

Cette opinion néanmoins mériterait d'être confirmée par des observations nouvelles. Puisse-t-elle fixer l'attention des géologues qui seront à portée d'observer ces différens gypses, et de les comparer!

Je terminerai ici ce mémoire, qui est, comme on l'a vu, le résultat de plusieurs années successives d'observations; les bornes dans lesquelles j'ai dû me renfermer m'ont forcé à ne présenter que les faits principaux, et à me restreindre beaucoup dans les développemens et les discussions qui leur sont relatives.

Je suis loin de croire avoir épuisé cette matière; peut-être les circonstances me mettront-elles en état de présenter quelque jour de nouveaux faits; je serais étonné s'ils m'amenaient, je ne dis pas à modifier, mais à contredire les opinions que je viens de mettre en avant. Car si je me suis attiré souvent le reproche de trop douter, je mériterai peut-être aujourd'hui un reproche contraire, du moins relativement aux gypses qui ont été regardés comme primitifs; au surplus, ayant déjà eu tant d'occasions d'observer des gypses anciens, et en général des terrains de transition, on pense bien que je saisirai avec empressement celles d'en observer de nouveaux, afin de les comparer et de fixer enfin d'une manière positive leurs caractères essentiels et leurs rapports avec d'autres terrains; car, comme l'a dit un savant illustre, celui de tous les géologues qui a le plus observé: « *L'ancienne nete relative des formations est l'objet principal d'une science qui doit nous faire connaître la constitution du globe.* »

MÉMOIRE

*SUR LE TRAITEMENT DU SULFURE DE PLOMB
au fourneau à réverbère et au fourneau
écossais;*

PAR M. PUVIS, Ingénieur ordinaire au Corps royal
des Mines.

Ce Mémoire a pour objet de donner le détail des opérations qui s'exécutent dans le traitement du sulfure de plomb, soit à l'état de schlich cru au fourneau à réverbère, soit à l'état de schlich grillé au fourneau écossais, et de présenter la théorie de ces opérations.

Il est le résultat des observations que j'ai faites à Pesey avec quelques-uns de mes camarades, particulièrement M. Voltz, pendant le séjour que nous fîmes ensemble sur l'établissement en janvier et février 1808: je ne m'étais pas proposé, en le rédigeant, de le rendre public; je ne lui attribuais pas assez de prix pour cela; mais les événemens, en nous enlevant l'utile établissement de Pesey, l'ont rendu plus intéressant: j'ai pensé dès-lors qu'on ne serait pas fâché de retrouver en détail, et avec exactitude, la description d'une partie des opérations métallurgiques qui s'exécutaient avec succès sur cet établissement.

On a déjà, il est vrai, sur ce sujet, de bons renseignemens, soit de M. Lelivec, relativement au fourneau écossais (1), soit de MM. Beaunier et Gallois sur le fourneau à réverbère, tel qu'il est employé à Poullaouen (2); mais j'ai cru que malgré cela des détails plus circonstanciés, des différences importantes dans le travail et dans la manière d'envisager les phénomènes, pourraient encore présenter quelque intérêt, et c'est ce qui me détermine à communiquer ces notes.

Je renvoie du reste aux mémoires cités, particulièrement pour la description des deux fourneaux et des outils employés.

(1) *Journal des Mines*, n°. 120.

(2) *Journal des Mines*, n°. 93.

Je renvoie également aux nos. 121 et 131 du *Journal des Mines*, pour y consulter deux intéressans mémoires, l'un de M. Gueniveau sur la désulfuration des métaux, l'autre de M. Gay-Lussac sur la décomposition des sulfates : ces mémoires ont jeté un grand jour sur le sujet que je vais traiter.

Je diviserai ce travail en deux parties : dans la première, je décrirai la série des opérations que l'on exécute dans chaque fourneau ; et dans la deuxième, je donnerai mes conjectures sur la théorie de ces opérations, et je conclurai par un examen comparatif des deux fourneaux.

PREMIÈRE PARTIE.

Dans un premier chapitre, nous allons traiter du fourneau à réverbère, et dans un second chapitre, nous nous occupons du fourneau écossais.

CHAPITRE 1^{er}.

Du travail au fourneau à réverbère.

On traite au fourneau à réverbère le schlich cru et les résidus du grillage ; occupons-nous d'abord du schlich cru.

ART. 1^{er}. *Fonte du schlich cru au fourneau à réverbère.*

LE schlich cru traité à Pesey renferme au moins 76 pour 100 de plomb ; cette richesse varie beaucoup moins que ne tendraient à le faire croire les essais par la voie sèche qui indiquent depuis 66 pour 100, que donne souvent le flux noir, jusqu'à 76 pour 100 que fournissent ordinairement les essais faits avec le flux et le fer.

On fond au fourneau à réverbère 1250 kilogr. de schlich cru à la-fois, dans l'espace de 16 heures, avec environ 4 stères de bois de sapin ; on emploie à ce travail un chef, dont les fonctions sont de surveiller la manœuvre, et d'y mettre la main dans les circonstances difficiles ; il est seul pour suivre les différens postes, à chacun desquels sont attachés un premier ouvrier, un ouvrier de deuxième classe, un ouvrier de troisième classe et un chauffeur : la durée d'un poste est de 12 heures, et comme il y a trois brigades d'ouvriers, chaque brigade se repose pendant 24 heures.

Quoique la conduite du feu et le lavage, plus ou moins parfait, du schlich puissent faire varier le travail, comme ces variations ne sont que légères, je me bornerai, pour fixer les idées, à rapporter en leur moment précis les diverses manipulations qui ont été exécutées dans une fonte complète que j'ai suivie assidûment, la marche du fourneau s'étant trouvée assez régulière et le produit moyen.

Le travail au fourneau à réverbère présente trois opérations distinctes : 1^o. le chargement ; 2^o. le grillage et la fonte proprement dite ; 3^o. le ressuage et le déchargement.

1^o. *Le chargement.*

Le fourneau ayant été nettoyé à midi, on l'a chargé de nouveau : cette opération s'exécute par deux ouvriers placés vis-à-vis les deux portes extrêmes ; on apporte devant eux le minerai, et ils le jettent dans l'intérieur avec des pelles courbes en fer.

Lorsque tout le schlich (1250 kilogr.) est

chargé, on l'étend dans le fourneau; en ayant soin pourtant de l'éloigner de la percée et des portes.

Il faut environ une demi-heure pour charger le fourneau, après quoi on procède au grillage et à la fonte proprement dite.

2°. *Le grillage et la fonte proprement dite.*

Le fourneau resté sans feu tant qu'ont duré le déchargement et le nouveau chargement, c'est-à-dire pendant une heure environ, s'est beaucoup refroidi, sur-tout pendant la dernière opération, à cause de l'humidité qui accompagne toujours le schlich; aussi, de blanc qu'il était à la fin de la fonte précédente, il est devenu d'un rouge sombre. Il faut le réchauffer, et en conséquence, immédiatement après le chargement, on jette dans la chauffe deux ou trois morceaux de bois, et on augmente ensuite le feu progressivement.

La température s'élevant, il s'opère à la surface du schlich un dégagement assez abondant de gaz acide sulfureux: au bout d'une ou deux heures, on aperçoit déjà quelques gouttelettes de plomb qui s'échappent des matières situées auprès de la chauffe où la chaleur est plus considérable; mais il y en a trop peu pour qu'elles puissent gagner le bassin, et restant exposées sur la sole à un courant d'air chaud, elles se recouvrent rapidement d'une couche de litharge, et finissent bientôt par disparaître.

A 2 heures 40 minutes les matières étaient recouvertes d'une couche d'un blanc jaunâtre de 1 à 2 lignes d'épaisseur; sous cette croûte de sulfate de plomb, le schlich était encore

noir, irisé et pulvérulent; c'est à 2 heures 40 minutes qu'on a commencé à remuer les matières par la première ouverture (celle qui est la plus voisine de la chauffe), parce que c'est là que la chaleur est la plus forte; les autres portes sont fermées: l'ouvrier soulève la croûte, la brise, la mélange avec le schlich, en remuant lentement et avec précaution; autrement le schlich pulvérulent, s'élevant en nuages à chaque coup de spadèle, serait entraîné en grande quantité par la cheminée.

Le courant d'air chaud qui entraîne le schlich très-divisé, le brûle avec une flamme d'un blanc bleuâtre, et le dépose en partie contre les parois de la cheminée à l'état de sulfate, ou de sulfite, qui se transforme bientôt en sulfate.

Le moment où il convient de remuer le schlich, dépend de l'état plus ou moins humide de ce dernier et de la température du fourneau; mais, en général, il ne faut pas remuer trop tôt, parce que ce serait une peine inutile, et que d'ailleurs le vent emporterait le schlich. Chauffer trop rapidement ne vaut rien non plus, parce qu'alors la surface s'échauffant promptement, il se forme une croûte épaisse et dure avant que le schlich, qui est au-dessous, soit assez échauffé pour qu'on puisse commencer à le remuer avec succès; c'est ce qui arrive lorsque le fourneau ayant été trop refroidi, on se trouve obligé d'augmenter un peu rapidement le feu pour ne pas se mettre trop en retard. Dans ce cas, on enlève la croûte qui est dans le voisinage de la chauffe pour la jeter près de la porte du fond, où la chaleur a été beaucoup moins vive; il se forme alors une nouvelle croûte; sans cette pré-

caution, la surface devenant très-dure, le travail irait moins bien.

La croûte qui recouvrait la surface étant rompue, le schlich se trouve de nouveau en contact avec l'air; le soufre se brûle, et une partie s'en dégage encore en acide sulfureux; aussi la quantité de fumée s'accroît-elle.

A 3 heures on a cessé le travail à la première porte, et le premier ouvrier s'est placé à la porte du milieu ou deuxième porte; il a commencé par relever le schlich qui s'était répandu auprès de la percée; puis, avec la spadèle, il a remué la matière avec les mêmes précautions que précédemment.

On a continué d'augmenter le feu peu-à-peu.

A 3 heures $\frac{1}{4}$, après avoir mis dans le fourneau deux ou trois morceaux de bois vis-à-vis la deuxième et la troisième portes (ce bois est destiné à élever la température dans les parties où on le met, afin de rendre, le plus qu'il est possible, la chaleur uniforme), on a fermé la deuxième ouverture, et le troisième ouvrier, s'étant placé à la dernière, a opéré comme les précédents; mais les matières étant peu chaudes dans cette partie, il a promptement cessé son travail, puis a fermé sa porte.

A 3 heures $\frac{1}{2}$ le deuxième ouvrier s'est remis à la première ouverture, pour mélanger de nouveau les substances qui s'étaient déjà recouvertes d'une couche de sulfate.

Les trois ouvriers poursuivent ainsi, travaillant successivement aux trois portes, ayant soin de mettre du bois vis-à-vis les deux dernières, mais sur-tout vis-à-vis la troisième, et relevant avec soin tout ce qui tombe dans la percée.

Pendant tout ce temps, le grillage continue; il se dégage de l'acide sulfureux, il se forme du sulfate de plomb, et déjà le métal commence à couler par suite du mélange continuellement opéré: la sole n'est point encore ramollie, et les matières n'y sont point encore collées.

A 5 heures le plomb continue à couler, mais toujours peu abondamment; on peut très-bien remarquer dans ce moment, mais sur-tout une heure ou une heure $\frac{1}{2}$ plus tard, la manière dont le plomb se sépare; lorsqu'on mélange les matières qui étaient sèches et ne donnaient point de plomb, elles deviennent sur-le-champ pâteuses, et le plomb qui en résulte gagne le bassin dès que l'ouvrier, en cessant de brasser, lui permet de s'écouler.

A 5 heures la flamme se portait jusque vis-à-vis l'ouverture du milieu, et même quelquefois plus loin. On entretient le feu à-peu-près au même degré, jusqu'à ce que l'on ait obtenu environ la moitié du plomb, c'est-à-dire presque jusqu'à l'opération du ressuage.

Quoique la température soit assez élevée, les matières, même vers la chauffe, sont peu pâteuses; celles qui viennent d'être remuées se séchent pour ainsi dire en perdant leur plomb. On pourrait encore accroître la chaleur jusqu'à un certain point, sans craindre de déterminer la fusion; seulement alors la surface se couvre de flammes légères, d'un blanc bleuâtre, dues à la combustion du soufre; elle se sèche et forme une croûte dure de sulfate de plomb; mais alors il est difficile de bien conduire l'opération, et le plomb qui en résulte est un peu sulfuré, comme celui que l'on retire de la dernière coulée. Dans des

circonstances pareilles, ce qu'il y a de mieux à faire est de mélanger promptement les matières, et de porter ce qui est près de la chauffe à l'autre extrémité du fourneau, et réciproquement. La température la plus convenable est celle qui maintient le minerai dans un état légèrement pâteux; l'expérience prouve que c'est alors que le plomb s'en sépare le plus facilement et sans mattes, en ayant soin de remuer constamment, et de renouveler le contact entre le sulfate et le sulfure.

C'est pour mieux produire cet effet que, sur les 7 heures environ, deux ouvriers se sont mis à travailler en même temps aux deux portes extrêmes; au bout de 20', ou $\frac{1}{2}$ heure, ils ont retiré leurs spadèles presque rouges-blanches (on a soin de ne les pas tenir trop long-temps exposées à la grande chaleur, parce qu'elles se détruiraient promptement).

Le premier ouvrier, à 7 heures $\frac{1}{2}$, s'est mis seul à l'ouverture du milieu, et lorsqu'il a eu rougi sa spadèle, les deux autres ouvriers se sont remis à leurs portes.

On continue ainsi, et l'on a soin d'entretenir la chaleur vis-à-vis la troisième porte, en y mettant du bois de temps en temps; chaque fois que l'on cesse le travail à l'ouverture du milieu, on y jette deux ou trois morceaux de bois, afin d'y entretenir aussi la chaleur, de recouvrir le bain de plomb, et d'empêcher par-là que le métal ne se brûle.

La deuxième et la troisième portes ne sont ouvertes que pendant qu'on y travaille; la première reste toujours ouverte, afin qu'on puisse mieux juger de l'état du fourneau.

Le bassin s'étant trouvé suffisamment plein à neuf heures, on a fait la première coulée, et pour cela, le premier ouvrier, avec son ringard, enfonce le tampon d'argile, et le plomb coule; le métal est rouge, ce qui provient de ce qu'il a séjourné pendant long-temps dans l'intérieur du fourneau. Quand tout s'est écoulé, on bouche de nouveau le trou de la percée, en y mettant un morceau de bois qui entre sans difficulté, et par-dessus un tampon d'argile que l'on presse avec la tête ronde d'un ringard.

Quand les mattes sont abondantes, et qu'on veut les retenir au moins en partie, on enfonce de bonne heure le morceau de bois; on le laisse quelque temps seul, et il n'y a guère alors que le plomb, qui est très-liquide, qui puisse s'écouler; mais cela ne se pratique presque jamais, on laisse couler les mattes, qui ne deviennent guère abondantes qu'aux approches de la troisième percée.

On recouvre alors le plomb de quelques charbons, et on met sur le bassin extérieur une feuille de tôle; par ce moyen on lui conserve une température convenable, et on le défend de l'oxidation.

A 10 heures on a jeté dans le fourneau, par la première porte, environ la moitié des mattes que l'on avait recueillies sur le bain de plomb, provenant de la *dernière coulée de la charge précédente*. Le plomb s'en est séparé facilement, en abandonnant en résidu une matte plus sulfureuse et moins fusible.

La promptitude et la facilité avec lesquelles les mattes, et en général celles qui sont peu sulfureuses, cèdent leur plomb au fourneau à

réverbère, me font croire que si l'on traitait à ce fourneau les mattes que donnent au fourneau à manche les crasses du réverbère, on obtiendrait un résultat avantageux. Ces mattes sont, en effet, peu sulfureuses, comme le prouve leur presque ductilité et la grande abondance de plomb qu'elles fournissent même au fourneau à manche; la seule précaution qui me paraîtrait nécessaire, serait de donner, en les traitant, une chaleur modérée, sans quoi toute la matière entrerait en fusion; il serait peut-être possible de les traiter dans le commencement des fontes de schlich, la chaleur étant peu forte alors.

La fumée qui s'élève est déjà fort épaisse, il doit se perdre dans ce moment une assez notable quantité de plomb à l'état d'oxide, c'est à cette même heure que le plomb coule le plus abondamment; c'est sa présence, ainsi que celle d'un peu de mattes, qui ramollit les matières: on voit effectivement beaucoup de globules de plomb disséminés dans la masse; ils ne sont pas rouges, ce qui annonce que les substances au fourneau à réverbère n'ont pas une température aussi élevée qu'on le croirait, en voyant le plomb sortir du bassin de percée. Ce qui le fait rougir, c'est son séjour prolongé dans ce bassin où il s'échauffe continuellement, et particulièrement son trajet à nu sur la sole où il est arrêté par de nombreuses aspérités, et exposé plus ou moins long-temps à une flamme très-active; aussi fume-t-il fortement.

A 10 heures $\frac{1}{2}$ l'écoulement se ralentit déjà; l'on commence à augmenter le feu, et l'on jette toujours par la première ouverture le reste des matières dont nous avons parlé précédemment.

La deuxième percée s'est faite à 11 heures; le plomb était très rouge, et mêlé de mattes qui provenaient en grande partie de celles que l'on venait de jeter dans le fourneau.

Ces mattes viennent nager à la surface du bain, où elles se solidifient; on laisse celles qui recouvrent immédiatement le plomb, afin que ce dernier soit mieux défendu du contact de l'air; le premier ouvrier enlève le reste avec une écumoire, pour que le plomb puisse bien s'en séparer: il les met dans la pelle courbe, dont est armé un autre ouvrier qui les rejette dans le fourneau par la première porte. Ces mattes qui, lorsqu'elles étaient liquides, retenaient beaucoup de plomb, soit mélangé, soit combiné, le laissent alors s'écouler abondamment et promptement.

3°. *Ressuage et déchargement.*

Le schlich ayant déjà produit plus de la moitié de son plomb, ce qui reste est retenu beaucoup plus fortement; aussi la chaleur doit-elle être alors plus considérable; c'est ce qui donne lieu aux dispositions suivantes.

A 11 heures $\frac{3}{4}$, c'est-à-dire $\frac{3}{4}$ d'heure après avoir commencé le travail de la deuxième percée, temps pendant lequel on n'a point travaillé dans le fourneau, le troisième ouvrier, placé à la troisième porte, s'est occupé à rejeter les matières vis-à-vis la deuxième porte. Comme alors une partie de la sole se trouve nue et exposée à la grande chaleur, cette partie pourrait se ramollir et se dégrader dans l'opération du déchargement, si l'on n'avait soin de jeter dessus trois, deux ou une pelletées de chaux, selon

qu'elle est déjà plus ou moins endommagée : cette chaux se combine en partie avec les matières qui imbibent la sole, et cette dernière durcit (1); cela fait, on bouche la dernière porte par laquelle on cesse de travailler pendant tout le reste de l'opération.

On ferme de même la porte du milieu, après avoir rejeté auprès de la chauffe les matières qui se trouvaient vis-à-vis, et l'on n'ouvre ensuite cette porte du milieu que rarement, et lorsqu'il s'agit de relever les mattes qui descendent dans la percée.

Toutes les matières étant rejetées vis-à-vis la première porte, elles y éprouvent un surcroît de chaleur, que l'on augmente encore en poussant fortement le feu dans la chauffe, et en mettant du bois dans le fourneau même; ce qui a commencé à se faire à une heure.

La quantité de bois que l'on jette ainsi dans ce fourneau, est assez considérable pour que le charbon qui en résulte produise un effet réductif sensible; cet effet peut être à cette époque avantageux, parce que la proportion du sulfate de plomb qui s'accroît constamment finit par devenir relativement trop considérable. Il est remarquable, en effet, que les crasses que l'on sort du fourneau à la fin de la fonte, quoique renfermant encore beaucoup de soufre, comme le prouve l'abondance des mattes qu'elles fournissent au fourneau à manche, ne donnent

(1) Quand la sole est fortement endommagée, et qu'il s'y est formé des crevasses, pour la raccommoder on fait un mélange de crasses, aussi épuisées que possible, et de chaux; on chauffe ce mélange jusqu'à le ramollir, et on l'applique ensuite dans les cavités, en ayant soin de bien unir la surface.

pourtant pas sensiblement l'odeur de soufre lorsqu'on les chauffe sous la moufle; il faut donc que le soufre y soit presque entièrement combiné avec le plomb à l'état d'acide sulfurique, et constitué ainsi de sulfate de plomb. Nous verrons que c'est une circonstance défavorable à l'extraction du plomb; il est donc avantageux d'en opérer la réduction partielle.

On remue constamment les matières par la première porte; elles sont rouges-blanches; la flamme dont elles sont recouvertes doit durer jusqu'à la fin; le fourneau est rempli de vapeurs blanches très-épaisses; le plomb, qui coule de moins en moins abondamment, entraîne beaucoup de mattes; les spadèles rougissent promptement, et s'usent de même; aussi a-t-on soin de n'employer alors que les mauvaises.

On a fait la troisième coulée à une heure $\frac{1}{2}$; cette coulée amène toujours beaucoup de mattes, dont il convient de débarrasser le plomb avant de le mettre en saumons : on fait en conséquence l'opération suivante, qui a pour objet de purger le métal de tout ce qui pourrait le rendre aigre et impur.

Le maître fondeur fait jeter dans le bain très-chaud un demi-van de sciure de bois et de copeaux, et par-dessus un peu de résine; il brasse fortement avec une écumoire, ce qui donne lieu à une épaisse fumée. Un moment après, il met le feu aux copeaux avec un peu de résine enflammée, et continue à remuer rapidement et fortement, de manière à mettre la matière charbonneuse et enflammée en contact avec le plomb et les mattes. Les parties qui étaient oxidées se désolident, et la matte brisée,

abandonnant une partie de son plomb, devient plus sèche et plus légère. Quand la flamme menace de s'éteindre, on jette de nouvelle résine pour la ranimer; on continue ainsi pendant 15 ou 20 minutes, au bout desquelles on enlève avec une pelle, puis avec une écumoire, toute la matre mêlée de charbon qui surnage, pour la rejeter dans le fourneau; cette matre, dans le commencement de l'opération, était beaucoup plus chaude et renfermait une plus grande quantité de plomb, deux raisons qui empêchaient qu'elle ne se séparât complètement. Maintenant, quoique déjà appauvrie par l'opération que nous venons de décrire, elle rend encore beaucoup de plomb dans le fourneau, parce qu'elle est durcie quand on l'y jette.

L'année dernière on se débarrassait de la matre au moyen de quelques pelletées de chaux que l'on jetait dans le bassin intérieur avant de faire la percée. On remuait, et la chaux s'emparant probablement d'une partie du soufre de la matre, et durcissant avec elle, en purgeait le plomb, mais trop incomplètement à ce qu'il paraît; aussi a-t-on renoncé à ce procédé.

Le plomb découvert paraît d'un rouge sombre; on s'occupe alors à le couler en barres; deux ouvriers le puisent à cet effet dans le bassin de réception avec de grandes cuillers; et le portent aux lingotières: chaque cuillerée fait une barre d'environ 18 kilogrammes.

On a déjà obtenu les $\frac{4}{5}$ à-peu-près du produit total de la fonte; pour obtenir le reste, on a continué à chauffer jusqu'à 3 heures: on a mis alors du bois pour la dernière fois.

Le travail à la spadelle, repris à 2 heures,

a été continué aussi jusqu'à 3; on a fait alors la dernière coulée.

Quoiqu'on n'ait fait pour cette charge que quatre coulées, il ne s'ensuit pas que ce nombre de coulées soit fixe; on en fait quelquefois cinq, et même six; mais alors il est difficile que le travail ait bien réussi.

Après la dernière coulée, on a déchargé le fourneau; à cet effet, deux ouvriers se placent aux deux premières portes, et un troisième avec la racle se met à la porte du fond, pour attirer et faire tomber à terre, par cette porte, les matières que les deux premiers ouvriers poussent avec leurs spadelles; il a soin de jeter de temps en temps de l'eau dessus, pour éviter d'être incommodé par la trop grande chaleur.

On fait ensuite subir au plomb qui est dans le bassin, avant de le couler en saumons, l'opération que nous avons décrite précédemment, et les mattes qu'on en retire sont mises en dépôt à côté du bassin pour les passer dans la charge suivante; quelquefois pourtant, quand on en a le temps et qu'elles sont très-abondantes, ce qui a ordinairement lieu quand on a chauffé fortement, on les rejette sur-le-champ dans le fourneau, où elles fournissent promptement beaucoup de plomb.

On finit par lingoter, et on procède au traitement d'une nouvelle charge.

Il est bon de remarquer que le plomb de la dernière ou des deux dernières coulées est plus sulfuré et plus impur que celui qu'on obtient dans le premier travail; ce qui tient à la haute température qu'il a fallu développer pour l'extraire des crasses; il est remarquable aussi qu'il

contienne moins d'argent : j'en donnerai plus loin la raison.

Le produit ordinaire d'une fonte est de 800 kil. On a pourtant quelquefois des résultats moins avantageux ; mais il ne faut pas toujours s'en alarmer, parce qu'il n'en résulte pas toujours des pertes réelles, et qu'il est rare qu'on ne retrouve pas dans les fontes suivantes le déchet momentané que l'on éprouve. Les circonstances qui peuvent faire varier le produit sont :

1°. La quantité des mattes recueillies sur la dernière coulée ; elle varie de un à deux quintaux métriques. Elle est sur-tout considérable quand on précipite le travail, et qu'on porte la température un peu haut.

Quand il arrive donc qu'une fonte a fourni deux quintaux métriques de mattes, on sent que son produit en plomb doit être beaucoup diminué, tandis que le produit de la fonte suivante sera probablement accru.

2°. Le ressuage plus ou moins considérable de la sole.

Je ferai remarquer en terminant, qu'il y a beaucoup d'avantage à traiter au fourneau à réverbère des minerais bien lavés, parce que de cette manière l'on diminue beaucoup le volume des crasses restantes, et par suite les déchets qui résultent du traitement de ces crasses au fourneau à manche.

ART. II. Fonte des résidus de grillage.

Cette fonte diffère trop peu de la précédente, pour que j'entre dans de grands détails sur la manière dont elle s'opère.

Les résidus de grillage sont composés de minerai grillé et de schlich échappé au grillage ; ces substances sont très-mal mélangées, le schlich formant le plus souvent des masses agglutinées : nous verrons plus loin (fonte du schlich grillé au fourneau écossais) quelle est la composition du minerai grillé ; quant à présent, il nous suffit de savoir qu'il renferme une proportion considérable de sulfate de plomb.

Lorsqu'on essaya l'année dernière la fonte du minerai grillé au fourneau à réverbère, le maître fondeur qui en fut chargé voulut d'abord fondre le minerai seul, mais sans succès ; comment, en effet, obtenir dans un fourneau à réverbère, où le courant d'air tend toujours à oxyder, du plomb d'une substance comme le schlich grillé, qui ne renferme presque que du sulfate et de l'oxide de plomb ? On vit donc bientôt qu'il fallait ajouter une matière propre à réduire au moins une partie des substances, on y mit à cet effet du charbon ; mais comme on employait alors de gros charbon, et qu'il était mal mélangé avec le minerai, les résultats furent peu heureux : aussi depuis a-t-on cessé de fondre le minerai grillé au fourneau à réverbère.

Mais il n'en a pas été de même pour les résidus de grillage qu'on ne pouvait traiter au fourneau écossais, et l'on a lieu d'être satisfait de la méthode qu'on suit actuellement pour leur traitement, puisqu'un quintal de résidus rend à-peu-près 60 de plomb outre les crasses. Nous allons dire rapidement ce que cette méthode a de particulier.

On mêle 1250 kilogr. de résidus avec à-peu-

près autant en volume de menu charbon et de poussière de charbon, rebuts extraits de la charbonnière, et l'on charge; on donne le feu; la température s'élève beaucoup plus rapidement que pour la fonte du schlich cru; d'une part, parce que le feu est plus fort dans la chauffe; en second lieu, parce que le charbon, mêlé avec les matières, les chauffe beaucoup en brûlant; en troisième lieu, parce qu'il n'y a pas d'humidité comme dans le schlich. On évite cependant de trop chauffer, parce que le travail, sur-tout vers la fin, en souffrirait, en ce qu'on aurait beaucoup de peine à empêcher la matière de couler en mattes. Le moyen qu'on emploie pour faire couler le plomb, et en même temps empêcher la fusion, consiste à jeter quelques pelletées de même charbon, que l'on a soin d'humecter un peu pour empêcher qu'il ne soit entraîné par le courant d'air.

A chaque fois qu'on ajoute ainsi du charbon, l'écoulement des mattes est arrêté subitement, et le plomb coule après un dégagement d'acide carbonique.

Le plomb vient plus tôt que dans la fonte du schlich cru; cependant, la durée d'une fonte est la même dans les deux cas.

Le travail, qui se conduit d'ailleurs à peu de chose près comme pour le schlich cru, est plus pénible, parce que les matières s'agglutinent sans cesse sur la fin, et qu'il est difficile de remuer la spadele; la chaleur fatigue d'ailleurs beaucoup plus les ouvriers, et l'on est obligé de surveiller attentivement, pour empêcher que le tout ne coule en mattes.

CHAPITRE II.

Du travail au fourneau écossais.

Ce fourneau emploie trois ouvriers par poste; la durée du poste est de huit heures, et il y a seize heures de repos. Deux ouvriers sont spécialement chargés du travail du fourneau; le troisième est employé à apporter le charbon, le minerai, etc.

Quoiqu'on se soit décidé à abandonner à Pesey l'usage de traiter le minerai grillé au fourneau écossais, pour lui substituer le traitement direct du schlich cru au fourneau à réverbère, il n'en est pas moins fort intéressant de connaître les détails de la première méthode, qui, en certaines circonstances, peut être préférable à la deuxième: je m'occuperai donc ici du traitement du schlich grillé au fourneau écossais, tel qu'il se pratiquait encore au commencement de 1808.

Je me dispenserai de parler de la fonte des litharges et des fonds de coupelle, parce qu'elle est extrêmement simple, et n'offre aucun phénomène remarquable.

De la fonte du minerai grillé.

Plusieurs analyses du minerai grillé s'accordent à y trouver les mêmes proportions de schlich non attaqué et de substances étrangères au plomb, telles que les terres que l'on peut regarder comme n'ayant éprouvé, au moins en poids, aucun changement par l'action du feu. La proportion de ce schlich non attaqué et de ces substances est à-peu-près de 10 parties

sur 114 de schlich grillé. Or, d'après les expériences faites en grand sur le grillage, 114 parties de schlich grillé proviennent de 100 parties de schlich cru; si l'on en retranche les 10 parties précédentes, qui ne sont ni oxide ni sulfate, ces deux dernières substances formeront les 104 parties restantes, et elles proviendront de 90 parties de galène; mais 90 parties de sulfure donnent 76,5 de plomb, qui correspondent à 84,15 d'oxide, soit combiné avec l'acide sulfurique, soit libre; et comme nous avons trouvé précédemment 104 tant d'oxide que d'acide sulfurique, il suit que $104 - 84,15 = 19,85$ est la quantité d'acide sulfurique. Cette quantité d'acide pouvant saturer 68,2 d'oxide, donne par conséquent 88,5 de sulfate; et pour lors 16 parties d'oxide libre. Ces proportions, ramenées à un total de 100 parties, donnent 77 de sulfate, 14 d'oxide et 9 de galène et autres substances. On conçoit fort bien que si ces dernières substances étaient plus abondantes qu'on ne l'a supposé ici, la quantité de sulfate de plomb serait plus considérable que nous ne l'avons trouvée; elle serait au contraire plus faible; et l'oxide serait en plus grande proportion, si nous nous étions trompés en plus sur la quantité de galène et autres substances; si j'eusse considéré les coulures résultantes du grillage, la quantité de sulfate eût encore été plus considérable.

Cette grande proportion de sulfate de plomb est due, comme le dit M. Gay-Lussac, à la propriété qu'a ce sel d'exiger une grande chaleur pour se décomposer. La forte attraction qu'a l'oxide de plomb pour l'acide sulfurique

pouvant, d'après cela, s'exercer dans une échelle de température fort étendue, il doit se former beaucoup de sulfate de plomb dans les grillages dont la température est loin d'être assez élevée pour le décomposer; c'est ce qui n'a pas lieu dans le grillage de beaucoup d'autres sulfates, tels que ceux de fer, de cuivre, etc., parce que ces sulfates de fer et de cuivre n'exigent pas une grande chaleur pour se décomposer; et c'est ce qui apporte beaucoup de changement dans l'explication des phénomènes de la fonte.

Dans ce fourneau, comme dans le fourneau à réverbère, il est très-utile d'employer un minerai bien pur; autrement les crasses sont abondantes, retiennent beaucoup de plomb, ce qui occasionne ensuite des déchets considérables, ces crasses devant se fondre au fourneau à manche.

Il y a dans la fonte du minerai grillé deux opérations distinctes : 1°. la fonte proprement dite; 2°. le ressuage.

1°. De la fonte proprement dite.

Lorsque le fourneau n'est pas encore en train, un van de charbon (17 à 18 kilogr.) suffit pour l'échauffer, et pour pouvoir ensuite procéder à la fonte comme de coutume; s'il arrive que l'on ait des coulures à fondre, comme elles ne demandent que très-peu de chaleur, il est avantageux de les fondre d'abord, et par ce moyen le fourneau arrive bientôt au degré de chaleur nécessaire pour le travail du minerai grillé.

Le fourneau nettoyé, et suffisamment chauffé, on y verse un van de charbon, et par-dessus les crasses qui recouvrent le bain de plomb dans la dernière coulée; on laisse le charbon s'allumer lentement sans donner le vent (le vent est ôté pendant que les ouvriers du poste précédent nettoient le fourneau, sans cela ils en seraient très-incommodés, parce qu'ils sont obligés de se placer de manière à voir par le dessus du fourneau dans son intérieur, le fourneau d'ailleurs se refroidirait trop), pendant ce temps on coule le plomb provenant du ressuage de l'opération précédente, et l'on achève de nettoyer la rigole et la plaque du fond avec un ciseau.

Cela fait, on ajoute $\frac{1}{2}$ de van de charbon; on jette dessus, du côté de la tuyère, trois conques de minerai (45 kilogr.), et l'on donne le vent.

Si l'on a le vent à sa disposition, on le donne moins fort pendant la fonte proprement dite que pendant le ressuage, parce que, dans le dernier cas, le plomb diminuant de proportion est enveloppé et retenu avec plus de force; mais quand on ne peut avoir que peu de vent, on le maintient uniforme pendant tout le travail. C'est ce que j'ai vu faire à Pesey pendant l'hiver de 1808, les trompes ne pouvant fournir que 91 pieds cubes d'air par minute, et cet air ayant la densité résultante d'une hauteur barométrique de 640 millimètres.

Le plomb commence ordinairement à couler au bout d'un quart d'heure.

Vingt-cinq minutes environ après avoir fait

la première charge, elle se trouve descendue du tiers environ de la hauteur du fourneau; on ajoute alors $\frac{1}{2}$ de van de charbon, et par-dessus, toujours du côté de la tuyère, trois conques de minerai, et l'on continue de la même manière jusqu'à ce que l'on ait passé les 400 kilogr. que l'on doit traiter pendant le poste. Cette quantité de minerai exige ordinairement neuf charges, qui emploient en tout 3 heures; quand il ne reste pas assez de minerai pour faire la dernière charge, on y ajoute les crasses que l'ouvrier pendant le travail fait sortir du fourneau par l'ouverture de la poitrine.

Pendant tout ce temps le travail des ouvriers, qui est très-peu pénible, consiste à nettoyer la rigole afin de donner écoulement au plomb, qui ne peut qu'éprouver du déchet en séjournant dans le fourneau, à soulever sur la fin les matières avec un ringard introduit dans le fourneau par l'ouverture de la poitrine, et à dégager le fourneau en faisant tomber à terre une partie des crasses. Ce sont ces premières crasses que l'on ajoute quelquefois à la dernière charge en minerai.

Quand cette dernière charge se trouve suffisamment descendue, on soulève de nouveau les matières à l'aide d'un ringard; on dégage le fourneau en en faisant sortir à-peu-près une charge de crasses, que l'on rejette par-dessus avec $\frac{1}{2}$ van de charbon, et l'on a ainsi la dixième et dernière charge de la fonte proprement dite.

Alors seulement on commence à voir des matées; une partie s'écoule dans la chaudière

où les ouvriers prétendent qu'elle abandonne du plomb; ce qui serait une suite de sa richesse en plomb et du refroidissement qu'elle éprouve à la surface (effet analogue à celui que l'on observe, dit-on, à Ramelsberg, où, pour purifier du plomb souillé de cuivre, on se borne à le laisser refroidir dans la poêle qui le renferme: le cuivre comme moins fusible se fige au fond. Ce mode de séparation du cuivre et du plomb me paraît d'ailleurs devoir être bien imparfait). Une partie de la matte vient se figer sur la partie extérieure de la plaque du fond, on la rejette sur le fourneau avec la palette à mesure qu'elle paraît, et comme elle s'est déjà un peu durcie, elle donne son plomb avec beaucoup de facilité.

On laisse la dixième charge descendre jusqu'à la hauteur de la tuyère, ce qui exige près de $\frac{3}{4}$ d'heure ou une heure. L'un des ouvriers, armé d'un ringard, soulève alors les crasses et les fait sortir du fourneau; le deuxième, avec sa palette, empêche qu'elles ne tombent dans la chaudière, et les fait tomber à terre; le troisième ouvrier jette de l'eau dessus, ce qui développe une forte odeur d'hydrogène sulfuré.

Il paraît que l'on refroidit ainsi les crasses, pour que la trop forte chaleur n'incommode pas les ouvriers; ces derniers prétendent aussi que le refroidissement par l'eau empêche la formation des mattes; c'est une chose assez difficile à concevoir. On ne peut admettre, en effet, que l'oxygénation des matières qui en résulte soit assez sensible pour produire un effet notable; il faut donc supposer que le but

serait de figer plus fortement la matte pour qu'elle pût ensuite laisser écouler un plomb plus pur; mais le refroidissement occasionné par la sortie du fourneau et le mélange avec du charbon froid, doit suffire de reste pour produire cet effet.

2°. Du ressuage.

Les substances terreuses et étrangères au plomb étant maintenant dans une proportion beaucoup plus forte, enveloppent et retiennent le métal; ce qui force, à accroître la chaleur, et à augmenter le vent quand cela est possible.

Le fourneau dégagé et nettoyé, on y jette environ $1\frac{1}{2}$ van de charbon, ce qui l'emplit; et on met par-dessus la moitié ou le tiers des crasses. On y rejette aussi ce que l'on écume sur le plomb, que l'on a soin d'entretenir suffisamment chaud en faisant du feu sous la chaudière qui le reçoit, et en le recouvrant de quelques charbons; puis on coule en lingots. On obtient ordinairement de cette première coulée 5 ou 6 barres, ou à-peu-près 130 kilogr., sur 210 ou 220 que fournit en tout à ce fourneaux la quantité de minerai grillé employé. On a consommé, pour obtenir ce produit, 75 à 80 kilogr. de charbon.

Quand la première charge est descendue convenablement, c'est-à-dire à-peu-près au bout d'une demi-heure, on ajoute $\frac{1}{2}$ van de charbon, et par-dessus le reste des crasses. Quand ces dernières sont trop abondantes pour en faire une seule charge, on en laisse une partie qui, jointe à d'anciennes crasses provenantes d'une

fonte précédente, fait une troisième charge; que l'on met $\frac{1}{2}$ heure après sous un demi-van de charbon. Toutes les charges suivantes, qui sont au nombre de 3 ou 4, se font à-peu-près de la même manière; l'ouvrier, avec son ringard, soulève les matières, dégage le bas du fourneau en en faisant sortir une partie des crasses, que l'on a soin de refroidir avec de l'eau, pour les rejeter ensuite sur le fourneau avec d'anciennes. La quantité de charbon qu'on ajoute à chaque fois est à-peu-près d'un demi-van; ainsi on voit qu'elle est plus considérable que pour la fonte; mais aussi au lieu de trois côques de minéral grillé que l'on mettait à chaque fois dans la fonte, on en met maintenant à-peu-près six de crasses, tant de celles que l'on a fait sortir par l'ouverture de la poitrine pendant le travail, et dont la quantité est variable, que des anciennes; c'est ce qui fait que les dernières charges passent moins vite que les premières. Comme cependant le fourneau et les matières sont très-échauffés; comme ces dernières renferment du charbon, et qu'il coule peu de plomb, quoique la proportion de charbon ne suive pas celle de l'augmentation des charges, la température n'en continue pas moins à s'élever; et c'est ce qui contribue à faire couler les mattes plus abondamment; ces mattes viennent se figer sur le devant de la plaque du fond où elles se couvrent d'aspérités noires. On les reprend avec la palette pour les rejeter sur le fourneau; peu-à-peu elles s'appauvrissent, de manière que les dernières renferment beaucoup plus de soufre et moins de plomb.

On charge, pour la dernière fois, une heure $\frac{1}{2}$ ou 2 heures avant la fin du poste; on y joint les mattes qui recouvrent le bain de plomb, et on laisse descendre la charge peu-à-peu, ce qui exige une heure ou une heure $\frac{1}{2}$. Sur la fin la chaleur diminue, et les crasses épuisées étant moins ramollies, les parois du fourneau se garnissent de culots (1), de manière à empêcher l'air de sortir par l'ouverture de la poitrine. Plus on épuise les crasses, plus les culots abondent, et plus il en résulte de fatigue pour les ouvriers et de dommage pour le fourneau quand il s'agit de le nettoyer; ce nettoyage est la seule opération pénible qu'il y ait durant tout le poste; les ouvriers, avec le ringard et la palette, commencent par faire sortir tout ce qu'ils peuvent par l'ouverture de la poitrine; après quoi un ouvrier, monté sur la maçonnerie qui sert de base au fourneau, avec un long ciseau et un marteau, détache les parties qui s'étaient durcies et accumulées contre le fond et les faces du fourneau. Il les fait sortir par l'ouverture de la poitrine; ou si les morceaux sont trop gros, il les enlève par le dessus avec des pinces; pendant cette opération on ôte le vent, afin de ne pas trop refroidir le fourneau, et pour empêcher que les vapeurs du soufre et du plomb

(1) Ces culots sont quelquefois énormes; quand on traite les fonds de coupelle. Ceux qu'on obtient dans la fonte du minéral grillé sont moins gros; ils présentent souvent dans leur intérieur des noyaux arrondis de galène cristallisée. Ce sont de véritables amygdaloïdes; il est probable que c'est une différence de fusibilité qui a donné naissance à cette séparation.

ne suffoquent l'ouvrier qui est placé au-dessus du fourneau.

Le produit ordinaire des 400 kilogr. de minéral grillé est de 210 à 215 kilogr. de plomb; le ressuage en donnant environ 85 kilogr., la consommation totale du charbon est de 150 à 160 kilogr.

Le fourneau nettoyé, les ouvriers du poste suivant s'en emparent.

Il est bon de remarquer que le travail à ce fourneau est très-facile, et qu'il réussit presque toujours bien; aussi n'est-il pas nécessaire, comme dans beaucoup d'autres opérations, de s'assujétir à une marche constamment uniforme.

Les crasses que l'on retire du fourneau écossais sont mêlées de charbon et de globules de plomb; elles forment du cinquième au sixième de la quantité du minéral employé. On les passe au fourneau à manche, où elles rendent de 15 à 20 pour cent. Le plomb qui en provient, quoique moins pauvre que celui qui provient des crasses du réverbère, l'est pourtant plus que le plomb résultant de la fonte proprement dite au fourneau écossais. Il est à croire que cette pauvreté du plomb, dans les deux cas, tient à ce que l'argent à cette haute température, étant à l'état métallique, s'incorpore au premier plomb métallique qui filtre à travers le sulfate et l'oxide; d'où il suit que ces derniers doivent rester avec une proportion d'argent qui va toujours en diminuant. (*La suite à la prochaine livraison.*)

SUR

LA VERTU MAGNÉTIQUE,

Considérée comme moyen de reconnaître la présence du Fer dans les Minéraux;

PAR M. HAUY.

LA propriété magnétique dont jouit le fer, offre un moyen de faire servir ce métal à déceler lui-même sa présence, qui a le double avantage d'être décisif et facile à vérifier. Lorsque le morceau qu'on éprouve appartient au fer oxidulé, il agit immédiatement sur l'aiguille aimantée, sans avoir besoin d'aucune préparation. Une partie des variétés de fer oligiste sont susceptibles de la même action, et elle s'étend à certains morceaux de fer oxidé brun ou jaunâtre. On la retrouve dans d'autres corps où le fer n'entre que comme principe accessoire. De ce nombre sont les grenats qui, en général, renferment une quantité considérable de fer, qui va quelquefois jusqu'aux $\frac{2}{3}$ de la masse, même dans ceux qui sont les plus transparents. Saussure paraît être le premier qui ait observé le magnétisme de ces corps (1). Si le fer contenu dans le morceau que l'on veut soumettre à l'expérience est dans un état d'oxidation qui ne lui permette plus

(1) *Voyages dans les Alpes*, tome I^{er}., n^o. 84.