

Silice . . . . .	0,336
Alumine . . . . .	0,056
Chaux . . . . .	0,050
Protoxide de cuivre . . .	0,050
Protoxide de fer . . .	0,515

---

0,987

*Mattes minces.* Les mattes qui surnagent le bain de cuivre noir sont en plaques minces, d'un noir métalloïde, à cassure cristalline, et mêlées d'une multitude de très-petits grains de cuivre rouge; on y a trouvé :

Cuivre . . .	0,598	ou sulfure de cuivre .	0,650
Fer . . . . .	0,158	sulfure de fer . . . . .	0,252
Soufre . . .	0,226	cuivre libre . . . . .	0,080
	<hr/>		<hr/>
	0,982		0,982

*Cuivre noir.* Ce cuivre est d'un rouge terne; il agit très-sensiblement sur le barreau aimanté. On l'a soumis à la coupellation avec 15 fois son poids de plomb, et il a laissé un bouton d'argent très-pur; il contient :

Fer . . . . .	0,0350
Soufre . . . . .	0,0056
Argent . . . . .	0,0049
Cuivre . . . . .	0,9545

---

1,0000

On n'y a pas trouvé la moindre trace de cobalt ni de nickel.

---

## MÉTHODE D'AMALGAMATION

*Appliquée aux mattes de cuivre, à l'usine de Grosörner (1);*

PAR M. MANÈS, aspirant ingénieur au corps royal des mines.

LA consommation considérable et inévitable en charbon et en plomb, qui avait lieu dans les procédés par la voie sèche, usités pour séparer l'argent des autres métaux auxquels il se trouve ordinairement uni, fit chercher à employer la voie humide pour effectuer cette séparation. Ce fut à Freyberg, en Saxe, qu'on commença d'employer l'amalgamation, et les minerais argentifères des mines de ce district se laissèrent facilement traiter par cette méthode, parce que le bocardage et le lavage ne peuvent leur enlever la plus grande partie des terres qu'ils retiennent, que leur teneur en métal est assez considérable; enfin que la plus grande partie de ces métaux ne sont pas sulfurés.

On pensa, depuis, à appliquer ce procédé au schiste marneux et bitumineux, ou schiste cuivreux de Mansfeld, et on chercha les moyens d'opérer la séparation la plus complète possible du cuivre et de l'argent, sans faire de dépenses

---

(1) L'usine de Grosörner n'étant point en activité lors de mon séjour en Allemagne, je n'ai pu prendre connaissance, par moi-même, des opérations qu'on y exécutait; j'ai traduit la description que j'en donne ici, d'un petit ouvrage intitulé *Baitrage zur Metallurgie, von Johann August Müller*. Breslau, 1820.

considérables en combustible et sans brûler de plomb.

Le schiste cuivreux ne tenant, au quintal, que deux livres et demie à trois livres de cuivre et un demi-lot d'argent, il était facile de voir qu'il ne pouvait être amalgamé à cet état. D'un autre côté, sa concentration par le bocardage et le lavage, quoique possible, était très-difficile et toujours peu complète.

On aurait pu séparer l'argent du cuivre noir, si on n'eût pas dû opérer sur des milliers de quintaux, en réduisant d'abord le cuivre en vitriol et en amalgamant ces cendres vitrioliques.

Enfin, l'ancien maître d'usine de Hetstädt, M. Schwarz, trouva, après un grand nombre d'essais, que la matte de cuivre obtenue de la fusion du schiste, et non encore grillée, était le produit le plus propre à soumettre à l'amalgamation, et que cette opération pouvait se conduire ainsi :

D'abord on cherche, par un grillage préliminaire en plein air, à attendrir la matte argentifère et à la préparer aux cassages suivans. Par là on volatilise une partie du soufre et l'on acidifie une autre partie, tandis que tous les métaux, excepté l'argent, sont oxidés.

On divise ensuite la matte grillée par le bocardage et la mouture, et on la rend assez fine pour être pénétrée des masses, qu'on emploie dans les opérations subséquentes.

On grille, au four à réverbère, la matte moulue en parties très-fines, pour chasser le plus possible de soufre, et acidifier les métaux oxidés et l'argent, en les unissant au soufre non dégagé.

Ensuite, dans le but de décomposer ces sels,

de séparer le soufre des métaux, et de faire passer l'argent à l'état d'argent muriaté, seule combinaison dans laquelle il se laisse amalgamer, on fait un mélange de matte de cuivre, de soude muriatée et de chaux carbonatée, qu'on arrose d'eau et que l'on amène à la consistance de bouillie. Dans cette opération, il se fait un dégagement de chaleur, et une effervescence, produite par dégagement de gaz acide carbonique. Une partie de l'acide sulfurique s'unit à la chaux, une autre à la soude, tandis qu'une partie de l'acide muriatique s'unit à l'argent.

Cette masse étant endurcie, on la sèche, on la bocarde, on la crible et on la moud de nouveau.

Pour augmenter la pénétration des masses et l'intensité des affinités, on grille de nouveau ces masses au four à réverbère. La décomposition de la matte de cuivre devient complète, l'union de l'acide muriatique à l'argent plus intime, celle de l'acide sulfurique à la soude plus parfaite, et on obtient de ce grillage, 1°. de l'argent muriaté; 2°. des oxides de cuivre, fer, nickel et cobalt; 3°. des sulfates de soude et de chaux.

La séparation de l'argent, dans la matte, se fait alors facilement, en l'amalgamant avec du mercure dans des tonneaux horizontaux. On ajoute du cuivre métallique, qui s'unit à l'acide muriatique; le mercure s'empare de l'argent, et il reste les oxides et sulfates.

Le mercure argentifère est retiré des tonneaux et mis dans des poches de coutil; le mercure en excès à l'amalgame passe par les trous du coutil, et l'amalgame reste.

On sépare alors l'argent du mercure contenu dans l'amalgame, par la distillation. Le mercure

se volatilise et se condense dans l'eau ; l'argent, au contraire, demeure sur les plateaux.

Cet argent est ensuite fondu dans un creuset, et affiné avec une petite addition de plomb.

Les masses restées dans les tonneaux d'amalgamation sont versées dans une cuve de lavage, et là, pour obtenir la petite partie de mercure qu'elles retiennent, on les agite constamment au moyen d'un râteau, auquel on donne un mouvement de rotation ; le mercure alors se précipite en raison de sa plus grande pesanteur, et les métaux oxidés, restant dans la liqueur, sont écoulés dans un réservoir, où on les assèche ; on les tire alors, on les pétrit avec de l'argile, on les met en forme, on les sèche et les passe au haut-fourneau. Dans cette fusion, la chaux sulfatée est réduite à l'état de sulfure de chaux par le charbon. Une partie de ce sulfure alcalin est décomposée par le fer réduit des masses, par celui des scories et par le fer métallique ajouté ; enfin le cuivre oxidé est réduit en partie par les charbons, et une partie est sulfurée : d'où il suit qu'on retire un cuivre noir et une matte mince ; enfin ce cuivre noir est raffiné.

L'ensemble des opérations qu'embrasse cette méthode d'amalgamation est donc le suivant :

## I.

- 1°. Le grillage de la matte de cuivre dans des cases.
- 2°. Le bocardage et criblage de la matte grillée.
- 3°. La mouture de la matte bocardée et criblée.
- 4°. Le grillage, au four à réverbère, de la matte moulue.
- 5°. Le mélange de la matte grillée.
- 6°. Le séchage de la matte mélangée.
- 7°. Le bocardage de la matte mélangée et séchée.
- 8°. La mouture de cette même matte.
- 9°. Le grillage au four à réverbère.

## II.

- 10°. L'amalgamation proprement dite.

## III.

- 11°. La séparation mécanique de l'amalgame d'avec le mercure en excès.
- 12°. La séparation chimique du mercure de l'argent dans l'amalgame.
- 13°. La fusion de l'argent obtenu de l'opération précédente.
- 14°. L'affinage de l'argent fondu.

## IV.

- 15°. Le lavage, à la cuve, des matières restant dans les tonneaux.
- 16°. Le retraitage, pétrissage et moulage de ces matières.
- 17°. La fusion, au haut-fourneau, pour cuivre noir.
- 18°. La refonte des scories.
- 19°. L'affinage du cuivre noir.

L'usine où tous ces travaux s'exécutent est celle dite *Gottes-Belohnungs hütte*, située près Grosörner. Elle fut bâtie sur le plan donné par M. Schwarz, et consiste en deux bâtimens principaux, qui sont joints par une allée couverte.

Dans l'un de ces bâtimens, on trouve d'abord une chambre pour deux moulins et un cabinet de travail pour le moulinier ;

Dans une deuxième division, l'appareil proprement dit d'amalgamation ; savoir, d'un côté, un bocard lié à une machine à pétrir, et de l'autre, deux tonneaux à amalgamer et la cuve de lavage. Près des tonneaux, est la chambre de mercure ; près la cuve se trouve le réservoir pour les matières lavées ; devant ce dernier, le fourneau à distiller, et au-dessus la chambre pour les lits de fusion ;

Dans une troisième division de ce premier bâtiment est le fourneau à cuivre noir, dans lequel, pour l'affinage, on introduit une aire à cet effet.

Sur ces trois divisions se trouve un étage très-spacieux, qui y communique par deux escaliers, et qui est au niveau du sol, derrière l'usine. Sur le sol, au-dessus de la première et deuxième division, se trouvent, d'un côté, le cabinet à écrire des officiers et la chambre des matériaux; de l'autre côté, la chambre du sel et celle de la farine provenant de la matte moulue. Sur le sol, au-dessus de la troisième division, est l'emplacement pour les mélanges de matte.

Le second bâtiment principal, communiquant, comme nous l'avons dit, par une allée couverte avec la troisième division du premier bâtiment, se compose, au rez-de-chaussée, de deux divisions, l'une pour les charbons, et l'autre pour les grillages, dans laquelle sont deux fourneaux à réverbère; et au premier étage, de deux chambres de séchage, qui reçoivent leur chaleur des fourneaux à réverbère au moyen de canaux couverts de plaques de fer. Il y a d'ailleurs entre ces deux étages une ouverture carrée, par laquelle on monte au treuil la matte mélangée, pour la faire sécher.

Dans cette usine, une roue à chute supérieure fait mouvoir deux meules, un bocard, une machine à pétrir, une table de lavage, deux tonneaux à amalgamer et deux soufflets; ce qui fait un poids de 70 quintaux trois quarts.

Il serait mieux, sans doute, d'avoir deux roues; mais l'eau manque pour cela; et c'est une des principales raisons pour lesquelles on ne saurait

amalgamer, annuellement, à cette usine plus de 1000 quintaux de matte, car les machines et les fourneaux ne peuvent aller bien simultanément.

Nous passons maintenant au détail des diverses opérations que nous avons énoncées ci-dessus.

1°. *Du rôtissage de la matte de cuivre.*

La matte de cuivre venant de la fusion des schistes est cassée en morceaux de trois pouces cubes environ, et posée ensuite en tas pyramidal sur un lit de bois, dans un espace enfermé de trois murailles. On fait entrer ordinairement 60 quintaux de matte dans un tas, et on a soin de mettre dans le bas les morceaux les plus gros; on met ensuite le feu au bois, et la matte continue de brûler par le soufre qu'elle contient.

Le premier feu ayant cessé, et la masse étant refroidie, on la retire de la case de grillage, et on casse, de nouveau, chaque morceau, pour exposer au feu et à l'air de nouvelles surfaces. On dispose de nouveau cette matte grillée sur un lit de bois, et on donne le second feu, qu'on fait suivre d'un troisième, après avoir pris les mêmes précautions.

Pour disposer un grillage, on a trois jeunes gens, qui font ce travail dans un poste de douze heures.

Le grillage de 60 quintaux de matte dure, ordinairement, sept jours par feux. Quant à la consommation en bois, elle varie beaucoup, en raison de l'union du soufre avec les métaux contenus dans la matte, et aussi en raison de la quantité de métaux étrangers au cuivre. On peut admettre qu'elle s'élève ordinairement à deux cent quarante fagots par 3 quintaux de matte,

dans ce rôtissage et les deux grillages au four à réverbère.

2°. *Bocardage et criblage de la matte grillée.*

Le bocardage s'exécute, à sec, dans une ange à quatre pilons, mus par un arbre à trois levées. On donne la matte par une caisse, et on fait faire aux pilons trente-six levées par minute. La matière qui sort de l'auge passe sur un crible dont les trous ont un trente-deuxième de pouce carré, et ce qui reste sur ce crible est repassé au bocard. On humecte un peu la matte bocardée fin, pour qu'elle ne se perde pas en poussière. Un gamin est chargé de ce travail et du roulage de la matte, des cases de grillage au bocard. En douze heures, il prépare ordinairement 9 quintaux de matte grillée.

3°. *Mouture de la matte bocardée et grillée.*

Cette opération a lieu dans des moulins semblables à ceux à blé; on en a deux ici. Les meules sont faites de grès à gros grains du Kiffhäuser; les plus dures sont employées pour la mouture de la matte à gros grains, et les moins dures pour celle à petits grains. Les bluteaux par lesquels la farine passe sont de toile ordinaire; ils ne doivent pas être trop tendus, autrement ils ont trop d'élasticité et passent moins de farine. La farine qui passe à travers la toile doit se faire sentir sous le doigt comme celle d'un bon grain: ce qui reste sur le bluteau doit être rechargé encore deux fois; on doit sur-tout voir à ce que la boîte soit bien solide.

Lorsqu'on donne toute l'eau, le coureur fait

quatre-vingt-seize tours par minute, et on moud seulement 6 quintaux en douze heures, vu le grand nombre de réparations qu'on a toujours à faire.

Les meuniers reçoivent neuf gros par poste de douze heures: il est vrai que leur travail est malsain, et que s'ils ont soin, comme ils le doivent, de tenir les portes et fenêtres fermées, pour ne rien perdre, ils sont forcés d'avoir la bouche et le nez couvert d'un linge.

4°. *Grillage de la matte moulue.*

Ce grillage s'exécute dans des fourneaux à réverbère analogues à ceux de Freyberg: seulement ceux-ci n'ont point de soles de séchage, et les matières à griller se chargent à l'aide de pelles, et non point par des ouvertures rondes d'où on les fait tomber.

Chaque poste de grillage se compose de 5 quintaux de matte moulue, qu'on amène du moulin dans un chariot de fer à deux roues. On commence par chauffer le fourneau, et lorsque la température est telle qu'une matière combustible, mise sur la sole, s'enflamme sur-le-champ, on charge en minerai.

Le procédé du grillage se divise en trois époques: 1°. celle de l'incandescence de la masse, 2°. celle de l'oxidation, et 3°. celle de la désulfuration; dans la première, on augmente le feu par degrés, dans la seconde on l'arrête, et dans la troisième on le mène de nouveau vivement, et on le laisse à la fin tomber peu-à-peu.

*Incandescence des masses.* — On étend la matte, à griller, sur toute la sole du fourneau, et on l'agite continuellement avec un râble, pour ex-

poser toutes les parties à la chaleur; la flamme doit s'étendre sur toute la sole. Lorsque la moitié de la masse qui est la plus proche du foyer est au rouge, on l'amène dans le devant du fourneau, et on fait passer dans le fond celle qui était devant: on remue de nouveau ces masses, et aussitôt que la seconde partie commence aussi à rougir, alors se fait

*L'oxidation.* — On interrompt le feu, et on continue d'agiter la matte, qui reste au rouge, et dont le soufre brûle avec une flamme bleue. Le soufre et le fer s'unissent alors à l'oxigène de l'air, l'acide sulfurique s'unit aux métaux qui ont pour lui le plus d'affinité, et l'acide sulfureux se dégage en vapeurs. On doit agiter la masse constamment, pour exposer à l'air de nouvelles surfaces et rendre l'oxidation complète. Plusieurs essais ont appris que la durée de trois quarts d'heure était la plus propre à produire cet effet. Alors, pour opérer la

*Désulfuration* de la masse, on redonne le feu; on agite la matière et on la tourne encore pendant trois quarts d'heure, puis on prend de différens points de petites parties avec une cuiller, et sitôt qu'elles ne répandent aucune odeur de soufre, l'opération est terminée; on cesse le feu, on retire la matière du fourneau, et on la roule dans le chariot de fer à la place de mélange.

Le grillage de 3 quintaux dure ordinairement trois heures; il est conduit par deux ouvriers, qui font chacun des postes de douze heures.

5°. *Mélange de la matte grillée.*

On met dans une caisse de la matte grillée, du carbonate de chaux bocardé et moulu, et du sel

marin; on mélange ces matières, le mieux possible, avec une pelle, et on y ajoute assez d'eau pour amener la masse à la consistance de bouillie; on laisse ensuite cette masse en repos, jusqu'à ce qu'elle se soit solidifiée, ordinairement dix-huit à vingt-quatre heures.

La proportion de chaux qu'on emploie est de quatorze pour cent, et celle de sel de dix pour cent; d'ailleurs la quantité de matte qu'on fait entrer dans un mélange dépend de la grandeur de la caisse, et celle-ci de l'espace pour la placer.

6°. *Séchage de la matte grillée.*

Les masses, mélangées, ayant pris de la consistance, et s'étant pénétrées chimiquement, on les retire de la caisse avec des pelles, et on les élève, à l'aide du treuil, jusqu'à l'étage supérieur, où on les étend sur des tables. On en remplit alors des caisses de bois de trente pouces de longueur, douze de largeur, et un pouce et demi de profondeur, qu'on porte, dans les chambres de séchage, sur des rayons. Le temps de séchage dépend de la température des chambres; il est ordinairement de dix-huit à vingt-quatre heures.

Lorsque ces masses sont sèches, on les retire des caisses et on les porte à la caisse de bocard, qu'on doit avoir eu soin de nettoyer des parties de matte non mélangées.

7°. *Bocardage et criblage de la matte mélangée.*

Cette opération prépare la matte à la mouture suivante, elle détruit les petits amas qui s'étaient formés pendant le grillage. Ce bocardage se fait vite; on peut passer aux pilons et au crible

une fois autant de matière que dans le premier bocardage de la matte grillée à l'air ; seulement on doit prendre attention qu'il ne s'en perde point en poussière, et donner pour cela moins de vitesse aux pilons.

8°. *Mouture de la matte mélangée.*

Cette mouture se distingue de celle de la matte non mélangée, seulement en ce qu'il ne se produit ici aucun rebut sur le bluteau, et en ce que par suite le travail va beaucoup plus vite.

9°. *Grillage de la matte mélangée.*

Ce grillage s'opère dans un fourneau à réverbère particulier, semblable à celui plus haut. Ce fourneau étant échauffé, on y introduit la matière, qu'on étend sur toute la sole et qu'on agite continuellement avec le râble. On chauffe sans interruption ; on donne d'abord peu de feu jusqu'à ce que toute l'humidité, retenue dans la masse, se soit dégagée : alors on l'augmente de manière que la flamme s'étende sur toute la sole. Après trois quarts d'heure, la partie la plus près du foyer étant rouge, on l'amène sur le devant, et on fait passer celle du devant sur le derrière pour la rougir aussi ; on mène ensuite le feu vivement, et à cette époque, se fait la décomposition du sel marin par l'acide sulfurique ; une partie de l'acide muriatique s'unit à l'argent et au cuivre, au fer, au nickel et au cobalt, tandis que l'autre partie se dégage en assez grande abondance sous forme de vapeurs épaisses, qui attaquent singulièrement les ouvriers. Lorsque ces vapeurs cessent, on prend une petite partie de matière, et on juge, par son odeur, du degré de grillage. Dans le

même temps, pour juger si le mélange a été fait en proportion convenable, on en prend une petite quantité, qu'on met dans une tasse à café, et sur laquelle on verse du mercure ; on agite cette masse avec une verge de cuivre, et lorsqu'on voit que le mercure s'unit promptement à la masse, qu'il fait corps avec elle, et est brillant de miroir dans sa partie supérieure, on juge que le mélange est bien fait.

La matière soumise au grillage ne laissant plus dégager aucune odeur d'acide muriatique, on la sort du fourneau, où elle a beaucoup augmenté en volume ; on grille ainsi 3 quintaux de matte en deux heures.

10°. *Amalgamation proprement dite.*

Cette opération se fait dans deux tonneaux horizontaux, qui tournent autour de leur axe et sont disposés comme à Freyberg. Elle comprend quatre divisions : 1°. le remplissage des tonneaux ; 2°. l'union du mercure à l'argent ; 3°. le délayage de la masse ; 4°. l'écoulement de l'amalgame et des résidus.

1°. *Remplissage des tonneaux.* — On commence par introduire dans les tonneaux 2 et demi à 3 quintaux d'eau ; puis on y fait rendre, par un tuyau, 10 quintaux de matte moulus et grillés ; on ajoute encore environ un quart de quintal de cuivre métallique en morceaux, pour s'emparer de l'acide muriatique uni à l'argent ; puis on bouche le tonneau, et on lui fait faire huit tours par minute pendant environ deux heures, jusqu'à ce que la masse soit amenée à la consistance de bouillie. On reconnaît ce

point lorsqu'en plongeant, dans la masse, un morceau de bois poli, et le tenant obliquement à sa sortie, la matière qui s'y était attachée en découle lentement d'elle-même. Ce point de liquidité de la masse est très-important à observer; car, trop épaisse ou trop liquide, le mercure ne pourrait agir sur toutes les parties de la matre également. Dans le premier cas, il faut ajouter un peu d'eau, ou détruire avec des instrumens les agrégats qui se sont formés; dans le second cas, ajouter un peu de matières nouvelles.

Aussitôt que la masse a acquis la consistance convenable, on introduit le mercure par un entonnoir de bois; la quantité qu'on emploie doit être, au moins, égale à dix fois la proportion d'argent contenue dans la masse; on en emploie cependant toujours une plus grande quantité, afin de rendre l'opération plus prompte et plus complète: on met ordinairement 2 à 2 quintaux et demi.

2°. *Union du mercure à l'argent.* — Cette combinaison est fondée sur la grande affinité du mercure pour l'argent; elle exige de dix-huit à vingt heures, pendant lesquelles on laisse les tonneaux faire vingt tours par minute. Durant cette époque, le cuivre métallique ajouté s'empare de tout l'acide muriatique uni aux autres métaux; ce qui n'aurait lieu qu'en partie si on ajoutait du fer, comme à Freyberg, attendu que les résidus cuivreux retiendraient toujours un peu de cet acide. Alors l'argent devenu libre s'unit au mercure; ce que facilite d'ailleurs la température, qui, d'après les observations, s'é-

lève à 32° de Réaumur, dès que les tonneaux ont été de sept à neuf heures en mouvement.

Après seize heures du commencement, on arrête les tonneaux et on prend un peu de matière, qu'on purifie de mercure autant que possible, puis qu'on sèche et essaie pour argent. La matière restante ne doit pas tenir plus de cinq huitièmes de lot d'argent par quintal, et quelquefois elle en tient moins.

3°. *Délayage de la masse.* — Les matières étant convenablement amalgamées, on remplit les tonneaux d'eau, et on les fait tourner aussi lentement que dans le commencement, environ pendant une heure, pour rassembler les parties d'amalgame en une masse qui se réunit au fond. Alors, on procède au

4°. *Découlement des produits.* — On arrête à cet effet les tonneaux, on tourne les bondes en dessous, et on y adapte un tuyau de cuir, qui communique à un tube de métal, par lequel l'amalgame, en raison de sa pesanteur, se rend en premier dans un réservoir. Aussitôt que les résidus commencent à se montrer, on ferme la bonde, on retourne le tonneau, puis on fait écouler ces résidus dans un canal, qui les conduit à la cuve de lavage. Dans un temps de vingt-quatre heures, on amalgame ainsi 20 quintaux de matre.

11°. *Séparation mécanique de l'amalgame d'avec le mercure en excès.*

Le tuyau métallique par lequel on reçoit le mercure argentifère des tonneaux communique à un sac à filtrer, fait de toile de coutil et entouré, à son bord supérieur, d'un anneau de fer qui le

fixe à un piédestal de bois placé sur une cuve en pierre. Le mercure argentifère, qui se rend sur ce filtre, se débarrasse du mercure en excès à l'amalgame, qui passe à travers la toile ; tandis que l'amalgame reste dans le sac, où on le presse et d'où on le retire sous la forme ronde. Il est d'autant plus important de séparer de l'amalgame ce mercure en excès, que c'est principalement dans le traitement ultérieur de cet amalgame qu'a lieu la plus grande perte en mercure.

12°. *Séparation chimique du mercure de l'argent dans l'amalgame.*

Cette opération consiste en une distillation qui s'exécute sous un cylindre de fer, fermé à sa partie supérieure, et reposant, par sa partie inférieure, dans une caisse d'eau qui se renouvelle constamment ; l'appareil, semblable à celui de Freyberg, décrit dans l'ouvrage de M. de Villefosse, n'a pas besoin d'ailleurs d'être rappelé ici.

On chauffe au charbon de bois : on donne d'abord un feu modéré, qu'on augmente peu à peu pour ne pas faire fendre le cylindre ; le mercure se volatilise et se condense dans l'eau qui baigne le pied du cylindre, tandis que l'argent, uni en partie à du cuivre, du nickel, du fer et du cobalt, demeure sur les assiettes sous la forme dendritique et avec une couleur blanc d'argent. Aussitôt que la distillation est achevée, ce que l'on reconnaît par le temps, les vapeurs et le goût de l'eau, on laisse tout refroidir ; on enlève l'argent de dessus les assiettes et le mercure de la caisse du fond, et on pèse ces produits, pour voir la perte.

Un ouvrier conduit cette opération, dans laquelle il distille 100 marcs d'argent en six heures de temps, et brûle 18 pieds cubes et demi de charbon.

13°. *Fusion de l'argent de la distillation.*

L'argent, retiré de la distillation précédente, est mis dans de grands creusets de Hesse, qu'on recouvre et pose autour de charbons noirs et incandescens, sous la buse d'un soufflet. Lorsque le creuset commence à rougir, on donne le vent ; aussitôt que l'argent est fondu, on en ajoute d'autre, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le creuset soit plein : alors on le verse dans des bassines de fer échauffées, où l'on reçoit des rondelles d'argent, d'environ un demi pouce d'épaisseur, que l'on refroidit, nettoie et pèse exactement.

Dans cette fusion, une partie d'amalgame, restée dans l'argent, se volatilise, une autre petite portion demeure unie à l'argent et aux autres métaux ; une partie de ces métaux, comme fer, nickel et cuivre, se dégage aussi, et l'autre partie s'oxide et se scorifie.

Dans l'espace d'une heure et demie, on fond 100 marcs d'argent, et on brûle 1 pied cube et demi de charbon.

14°. *Affinage de l'argent.*

L'argent fondu, obtenu, est affiné, devant les soufflets, dans un têt rond fait de cendre d'os, d'une manière analogue à celle qui est suivie à l'usine de Hetstädt ; la seule différence qui se trouve ici consiste en ce que l'on doit ajouter

plus de plomb, vu que l'argent, étant plus pur, n'a pas besoin d'être exposé aussi long-temps au vent des soufflets.

L'argent pur qu'on doit retirer de cette opération est, du reste, d'une plus belle apparence que celui de la coupellation, et doit surpasser la teneur de 15 lots, 3 quintaux par marc.

En deux heures et demie, on affine à Grosörner cent marcs d'argent avec deux livres de plomb, et on brûle trois pieds cubes de charbon.

15°. *Lavage à la cuve des résidus de tonneaux.*

La cuve dans laquelle on lave les résidus des tonneaux est assez grande pour contenir ceux des deux fourneaux; elle est percée, sur sa hauteur, de trous de six en six pouces, pour faire dégager les matières privées de mercure, et a son diamètre inférieur de vingt pouces plus petit que celui supérieur. Dans l'intérieur de cette cuve, est une herse à barres de fer, qui reçoit son mouvement de rotation de la roue de bocard.

On doit d'abord, dans cette opération, ajouter de l'eau aux résidus bourbeux, de manière à leur donner un état de liquidité convenable: car, trop solides, l'amalgame ne saurait s'en séparer; trop liquides, l'amalgame et les autres matières se déposeraient confusément. Lors d'une liquidité propre et d'une vitesse de la herse de quinze tours par minute, on peut laver en dix heures 20 quintaux de résidus.

Par l'agitation de la masse, les parties d'amalgame se rapprochent successivement les unes des autres, et forment de petites masses qui se précipitent au fond de la cuve; cette séparation

ne se fait au reste que par degrés. Après une heure de lavage, on essaie au premier robinet: si les matières qui en sortent, lavées dans une tasse à café, ne contiennent plus d'amalgame, on laisse écouler par ce robinet toutes les matières supérieures de la cuve dans un réservoir, et on continue de la sorte à l'égard des autres robinets.

Les plus grandes difficultés de ce travail proviennent des parties écumeuses, gris noirâtre, d'amalgame acidifié, qui se forment lorsqu'on n'emploie pas assez de cuivre. On y remédie alors en réduisant ces parties par le fer; mais on ne peut jamais ainsi revivifier tout l'amalgame.

Les résidus qu'on reçoit de la cuve consistent en matre de cuivre sans argent, en plus ou moins de métaux muriatés, en chaux et soude sulfatées.

Le mercure qui s'est amassé au fond de la cuve en est retiré et passé sur le filtre de cou-til, où l'on sépare une petite partie d'amalgame.

16°. *Pétrissage des résidus de tonneaux.*

Les résidus de la cuve, qui ont été réunis dans un réservoir, en sont retirés lorsqu'on a fait écouler toute l'eau qu'ils contenaient; ensuite on les pétrit avec de l'argile, pour en former une masse consistante, propre à être fondue.

Ce pétrissage s'exécute sous une machine à trois pilons, dont les extrémités portent un couteau de fer; on joint vingt à vingt-cinq pour cent d'argile à 100 quintaux de résidus, et on passe ce mélange par parties. Les masses sont alors divisées et unies intimement; puis on leur donne,

à la main, la forme de boules de différente dimension.

Dans les jours d'été, lorsque le temps le permet, on sèche ces boules à l'air; d'autres fois, on les met dans les chambres de séchage, lorsque celles-ci sont vides; le plus souvent, on les passe au four à réverbère, auquel on fait, dans ce cas, un feu modéré. Lorsque ces boules sont sèches, on les élève, au moyen du treuil, à l'étage supérieur, et on les roule, près du fourneau, sur la place de mélange.

17°. *Fusion des résidus cuivreux.*

Cette opération, qui a pour but de concentrer la teneur en cuivre, par la scorification des matières étrangères, s'exécute dans un fourneau à manche, de seize pieds de haut, et d'une construction analogue à celle de Mansfeld, à cette différence près qu'il est un peu plus large, pour pouvoir y introduire une aire d'affinage. Sa sole, faite de grès, a quelques degrés d'inclinaison; on donne à la rigole qui conduit aux bassins creusés dans une brasque légère le moins de longueur possible, pour éviter tout refroidissement subit des masses en fusion.

On passe, à ce fourneau, des lits de fusion composés des résidus cuivreux, de scories des fondages précédens et de chaux fluatée. On ne peut d'ailleurs indiquer les proportions dans lesquelles on fait entrer ces différentes substances, parce qu'elles varient avec un grand nombre de circonstances.

On chauffe le fourneau, la rigole et les bassins pendant environ douze heures: alors on remplit

la cuve de charbon, et on charge d'abord en scories. On passe une auge de scories et une mesure de charbon (deux pieds cubes un tiers); on passe ainsi trois charges de scories pour former le nez, ce qu'on facilite en chargeant les scories sur le derrière et les charbons sur le devant: alors on charge en résidus, et on donne le vent. On passe alors trois mesures de résidus, que l'on recouvre de trois mesures de charbon, avec un peu de scories mélangées de fluatée de chaux et aussi d'un peu de fer.

Lorsque le fourneau est plein, on recouvre toujours la dernière charge d'une mesure de résidus, qui sert pour la charge suivante, et forme une couche qui empêche le dégagement des poudres fines.

On donne aux soufflets une vitesse de cinq aspirations et demie par minute. Après une demi-heure, la première charge de scories passe devant la forme, une partie s'attache à la forme, et l'autre passe par l'œil; ensuite d'autres scories paraissent avec les métaux réduits, et se rendent dans les bassins, où elles surnagent le bain métallique et sont enlevées.

Dès que les charges sont descendues de quatre à cinq pieds dans la cuve, on en passe d'autres; on augmente ces charges en minerai avec la température du fourneau; les plus fortes se composent de trois mesures de résidus sur une mesure de charbon. On entretient toujours le nez à six pouces de longueur.

Lorsque le bassin de réception est plein, on fait la percée, et on retire du second bassin des scories une matre mince, peu abondante, et du

cuivre noir. La bonté de la matte se reconnaît à sa cassure; plus elle est compacte, moins elle est jaune, et plus sa teneur en cuivre est grande. Cette matte est grillée et passée au fourneau, lorsqu'on en a une quantité suffisante.

On retire ici moins de cuivre noir, mais plus de scories que dans la fusion des schistes, telle qu'elle se fait à Mansfeld. Cette abondance de scories tient, au reste, à l'argile pétrie avec les résidus; comme elles retiennent encore du cuivre, on les repasse une fois au fourneau, avec addition de chaux fluatée. Quant à la plus petite quantité de cuivre produite, peut-être tient-elle à la présence de l'acide muriatique et du sulfure de chaux dans les résidus. On retire ici neuf quintaux de cuivre noir en douze heures de temps, et on brûle six pieds cubes de charbon par quintal de cuivre noir produit.

#### 18°. *Affinage du cuivre noir.*

Lorsque la fusion des résidus est terminée, ainsi que la refonte des scories, on enlève la paroi antérieure du fourneau, sur une hauteur de huit pieds, et on dispose, avec des briques, une aire d'affinage, qu'on recouvre de brasque faite de cinq parties d'argile et deux parties de charbon. Immédiatement sous la forme, on creuse, dans cette brasque, un bassin de dix-huit pouces de largeur supérieure, huit pouces de largeur inférieure et dix pouces de profondeur. On enlève d'ailleurs la forme de fer, qu'on remplace par une de cuivre, à laquelle on donne dix-sept degrés et demi de pente.

L'affinage du cuivre noir venant de l'amalga-

mation est plus difficile que celui du cuivre noir qui provient de la méthode de liquation. Dans ce dernier, c'est principalement le plomb qui le mélange, et la grande affinité de ce métal pour l'oxygène le fait se scorifier facilement et entraîner les autres métaux avec lui. Le cuivre noir d'amalgame, au contraire, est très-chargé de nickel, dont l'affinité pour le cuivre est très-grande et celle pour l'oxygène très-faible: de là les différences qu'on doit apporter dans l'affinage de ce cuivre noir; elles sont au nombre de trois.

1°. On doit employer une aire d'affinage moins profonde et plus aplatie; car alors le vent des soufflets peut pénétrer mieux toute la masse, et c'est ce qui doit avoir lieu pour des métaux difficilement oxidables.

2°. Donner moins de charbon. La raison en est qu'on doit principalement produire oxidation et scorification, et que cela ne peut avoir lieu qu'autant qu'avec un bon courant d'air on emploie peu de combustible.

Dans l'affinage du cuivre noir de liquation, c'est tout autre chose; car ici la plus grande partie du plomb qu'il contient se volatilise, tandis qu'une autre petite partie s'unit aux autres métaux oxidés et passe dans les scories.

3°. Enfin donner moins de vent; autrement, donnant moins de combustible, le cuivre serait refroidi.

L'aire d'affinage étant préparée, on la chauffe avec des charbons enflammés; puis on y charge trois quarts de quintal de cuivre noir, qu'on met à neuf pouces de la forme, entourés et recouverts de charbons noirs: alors on donne le vent, et on

fait faire aux soufflets quatre et demie à cinq aspirations par minute.

On recouvre d'abord le cuivre noir de peu de charbon ; ils'échauffe successivement, les métaux qui lui sont unis et une partie de lui-même s'oxydent : alors il commence à fondre. On enlève les scories au fir et à mesure, et quand la masse est toute fondue, on bouche la forme pour nettoyer le bain ; puis on donne de nouveau charbon, et on redonne le vent. Si le bassin n'est pas plein, on charge aussi de nouveau cuivre noir.

Lorsque les dernières scories ont été enlevées, on essaie le bain pour voir si l'affinage est terminé. On plonge, comme à l'ordinaire, une verge de fer, par la tuyère, dans le bain ; on la retire rapidement, et on examine la matière qui s'est attachée. La couleur extérieure de cette matière est toute autre que dans l'affinage du cuivre de liquation : dans les premières épreuves, elle a une belle apparence rouge, est d'ailleurs forte, cassante, dentelée à la cassure, et jaune clair intérieurement. Après quelques minutes, les nouvelles épreuves montrent qu'elle a augmenté en rougeur, qu'elle est moins forte et moins cassante, de cassure plus fine et plus jaune ; enfin, après un temps assez court, on trouve ces propriétés encore plus marquantes, et il se forme à l'extrémité un petit amas composé d'un grand nombre de petites aspérités, grosses comme la tête d'une épingle, qui sont unies entre elles.

Alors on ôte les soufflets, et on retire le cuivre par rondelles ; lorsqu'on voit qu'il s'est oxydé en

partie, on le revivifie, en y ajoutant un peu de cuivre noir. Les premières rondelles sont, dans tous les cas, refondues, parce qu'elles n'ont pas un bel aspect extérieur. Plus la couleur du cuivre affiné est matte, et plus le son qu'il rend quand on le frappe est bas, plus il est fin.

En douze heures de temps, on affine 9 quintaux de cuivre, et on brûle neuf cents pieds cubes de charbon par 100 quintaux de cuivre affiné produits. Deux ouvriers sont employés à ce travail.

#### *Considérations générales.*

L'usine de *Gottes-Belohnung* peut amalgamer annuellement 1000 quintaux de matte de cuivre, ainsi que nous l'avons dit plus haut ; elle peut occuper en tout quinze à vingt hommes, que l'on payait à la journée à raison de 9 à 4 gros, et un maître d'amalgamation, qui recevait un prix fixe de 5 écus par semaine.

Ce procédé d'amalgamation, sans parler des autres avantages importants qu'il procure sur celui de la fusion et de la liquation, est sur-tout préférable, par la plus grande quantité d'argent qu'il rapporte et par la plus belle apparence de cet argent à l'état fin. D'un autre côté, il est vrai qu'il fournit moins de cuivre noir ; mais le cuivre pur qu'on retire de celui-ci est meilleur et plus estimé des fabricans que celui obtenu, à l'aide du plomb, par le procédé de la voie sèche. Quant aux frais dans le procédé d'amalgamation, s'ils sont moindres ou dépassent ceux de la méthode usitée à Mansfeld et Hetstädt, c'est ce que nous

ne pouvons décider ici. Toujours est-il vrai que si l'usine d'amalgamation de Gottes-Belohnung pouvait recevoir la même activité que celle à liqutation de Hetstädt, la perte peu considérable en mercure, le peu de dépense en charbon, la pureté des produits, les prix peu élevés de main-d'œuvre, et la facilité de pouvoir terminer chaque année la suite des opérations, feraient, sans contredit, donner l'avantage à la méthode d'amalgamation. C'est aussi par ces motifs que le conseil des mines de Basse-Saxe se propose de reprendre, incessamment, ce traitement, interrompu par suite de circonstances particulières.




---

*NOTE en réponse à un article de M. Berthier, ingénieur en chef des mines, sur la théorie des mortiers; par M. Vicat, ingénieur des ponts et chaussées. ( Ann. de Ch., t. XXIII, p. 69. )*

UN retard involontaire dans le renouvellement de mon abonnement à ce journal m'a privé de connaître plus tôt l'intéressante notice de M. Berthier sur les chaux grasses, les chaux hydrauliques et le mortier. Les détails dans lesquels ce savant chimiste est entré, le ton de bienveillance et d'impartialité qui règne dans sa discussion, me font vivement désirer qu'il veuille bien m'aider à dissiper les incertitudes qui subsistent encore sur une théorie qui, dans l'état actuel de nos connaissances, ne doit pas rester plus long-temps douteuse.

Il y a cinq ans que j'ai publié mes premières recherches sur ce sujet, et depuis cette époque j'ai continuellement travaillé à les étendre et à accroître la série des faits. Je m'empresse de dire qu'ils confirment, avec la plus grande exactitude, les expériences de M. Berthier sur la manière dont se comportent la silice, l'alumine et les oxides de fer et de manganèse calcinés avec la craie. J'avais, au surplus, remarqué déjà, d'après des essais multipliés (voyez mon mémoire, p. 5), que le fer et le manganèse n'étaient pas indispensables aux chaux hydrauliques.

M. Berthier termine sa notice par quelques observations critiques sur l'explication que j'ai essayé de donner de la solidification des bétons