

## NOUVEL AVERTISSEMENT

A MM. LES SOUSCRIPTEURS.

Les *Annales des Mines*, ainsi que le porte l'avertissement placé en tête du volume de 1816, formant le tome 1<sup>er</sup>. de ce Recueil, devaient paraître, de *trois mois en trois mois*, par livraisons de sept à huit feuilles d'impression chacune. Cependant, à cause de l'abondance des matières, on s'est toujours vu forcé de s'étendre bien au-delà des limites dans lesquelles on avait d'abord pensé pouvoir se renfermer, mais qui étaient trop resserrées pour permettre, à temps, la publication de tous les mémoires qui intéressaient l'art des mines. Pour cette raison, le nombre des feuilles d'impression a été continuellement augmenté, et même, quelquefois, plus que doublé.

Les *Annales des Mines* continueront à être rédigées sur un plan plus étendu que celui qui avait été adopté dans leur origine; autrement elles ne pourraient remplir le but d'utilité qu'on se propose. Mais toutes les feuilles d'une même année seront distribuées de manière à former *six livraisons*, au lieu de *quatre*.

Conformément à cette nouvelle disposition, dont MM. les Souscripteurs apprécieront, sans doute, les avantages, les *Annales des Mines* paraîtront, à commencer du 1<sup>er</sup>. janvier 1824, de *deux mois en deux mois*, par livraisons de sept à huit feuilles d'impression chacune, avec des planches. Le prix de la souscription restera fixé à *douze francs*, par an, pour Paris, et sera porté à *quinze francs*, pour les Départemens, en raison de l'augmentation des frais de port.

Imprimerie de Madame HUZARD (née VALLAT LA CHAPELLE),  
rue de l'Éperon, n<sup>o</sup>. 7.

## NOTICE

SUR LES MINES DE SCHISTE CUIVREUX

ET

SUR LES USINES DU PAYS DE MANSFELD (1);

PAR M. MANÈS, aspirant au Corps royal des Mines.

Le schiste cuivreux, qui donne lieu à cette No- Introduction,  
tice, fait partie de la formation du calcaire ancien.  
Ce schiste forme une couche qui se montre non-  
seulement en Thuringe, mais enveloppe presque  
tout le Hartz. Primitivement, il fut exploité dans la  
plupart des points de son affleurement, aujourd'hui  
il n'est plus guère suivi que dans les états du roi de  
Prusse, et à l'exception d'une production de cui-

(1) Les mesures dont nous avons fait usage dans cette Notice sont celles mêmes du pays. Ce sont:

1<sup>o</sup>. La livre = 2 marcs de Cologne = 32 lots = 467<sup>gram.</sup>,50.

2<sup>o</sup>. Le quintal, de 114 liv. = 53k.30.

3<sup>o</sup>. Le foudre, de 48 quintaux (pour les schistes) = 2558<sup>kil.</sup>

4<sup>o</sup>. Le foudre de charbon = 12 masses = 3<sup>mèt. cub.</sup>,49.

5<sup>o</sup>. La masse de charbon = 14 pieds cubes du Rhin = 0,<sup>m. cub.</sup>,291.

6<sup>o</sup>. La tonne de coak = 2 boisseaux et demi de Silésie = 7<sup>p.cub.</sup>,110 = 0<sup>m. cub.</sup>,148.

8<sup>o</sup>. La corde de bois fendu = 53 pieds cubes = 1<sup>m. cub.</sup>,10.

8<sup>o</sup>. Le pied du Rhin = 0<sup>m.</sup>,275.

9<sup>o</sup>. L'écu de Prusse = 24 gros = 4 francs à-peu-près.

vre assez peu considérable qui a lieu à Camsdorf, et de quelques autres exploitations de Botten-dorf et du comté de Stolberg, autrefois assez importantes, mais maintenant presque totalement abandonnées, la quantité de cuivre et argent que fournit encore cette couche se retire toute du comté de Mansfeld et de l'ancien district saxon de Sangerhausen.

Le district actuel de Mansfeld comprend plusieurs arrondissemens de mines, dont autrefois ceux seulement de Rothenbourg et Friedbourg appartenaient au roi de Prusse, tandis que les autres, beaucoup plus productifs, appartenaient à l'électeur de Saxe. Par suite de la cession de ces derniers, faite par la Saxe à l'ancien royaume de Westphalie, ces divers arrondissemens, qui dans le fait ne doivent être administrés qu'en commun pour l'être avec avantage, se trouvent aujourd'hui au pouvoir d'une même puissance, de la Prusse.

L'ancienne partie prussienne était administrée pour le compte immédiat du souverain, par un conseil, siégeant à Rothenbourg, lequel, avant la paix de Tilsitt, avait le nom de conseil de Basse-Saxe.

La partie saxonne était administrée par un conseil des mines, dépendant de l'électeur, pour le compte de différentes sociétés, réunies cependant entre elles par plusieurs points, et ne formant, pour ainsi dire, qu'une société unique. En 1810, celles-ci achetèrent les mines de Rothenbourg, de sorte que maintenant toutes les mines du comté de Mansfeld sont dans une même main; elles sont exploitées pour le compte des

sociétaires, mais demeurent toujours sous l'influence des officiers des mines.

Le district de Sangerhausen, beaucoup moins important que celui de Mansfeld, est exploité en société par la ville même de Sangerhausen et la maison Bethman de Francfort sur le Mein. Les mines de cette partie, d'une extraction plus difficile et plus coûteuse que celles de Mansfeld, se trouvent aussi dans une position beaucoup moins avantageuse.

Les deux districts de Mansfeld et de Sangerhausen sont maintenant sous la dépendance du conseil supérieur prussien des mines de Basse-Saxe et de Thuringe, établi à Halle depuis 1816. Celui de Mansfeld est administré par un conseil siégeant à Eisleben, celui de Sangerhausen par un conseil particulier établi dans la ville de ce nom. Les mines de ces deux districts sont divisées en plusieurs arrondissemens partiels, à la tête de chacun desquels est un juré, un payeur et un maître mineur. Toutes ces mines paient au roi la vingtième partie du cuivre qu'elles livrent.

La couche de schiste cuivreux est par-tout très-mince; elle a rarement au-delà de deux pieds d'épaisseur, et encore sur cette épaisseur sont-ce seulement des veines de trois à cinq pouces au plus, qui sont métallifères, tandis que les autres sont des roches stériles; enfin, dans ces veines mêmes, le minerai y est tellement disséminé, que par quintal de schiste on peut rarement compter sur plus de quatre livres de cuivre. C'est surtout vers Eisleben, Gerlsbadt et Sangerhausen qu'ont lieu les plus grands travaux.

La réduction des schistes s'opère dans dix usines appartenant aux compagnies d'action-

naires. Le cuivre noir obtenu des schistes de Sangerhausen, est aussitôt réduit, sur les lieux, en cuivre rosette; celui des schistes du Mansfeld est porté à l'usine de Hetstädt et séparé de l'argent qu'il contient. On a essayé en outre, depuis peu, de séparer, par l'amalgamation, l'argent du cuivre contenu dans les schistes: ces essais ont, à la vérité, réussi; cependant des raisons particulières ont fait discontinuer ce traitement en grand.

Les deux districts de Mansfeld et de Sangerhausen produisaient ensemble, avant 1806, moyennement 14 à 15,000 quintaux de cuivre, dont 6 à 900 seulement pouvaient provenir de Sangerhausen, et étaient trop pauvres en argent pour payer les frais de séparation. Le produit en argent tiré des schistes du Mansfeld s'élevait au contraire annuellement jusqu'à 13,000 et 14,000 marcs; et c'est encore aujourd'hui l'exploitation la plus importante d'argent que possède le royaume de Prusse, de même qu'aucune autre de ses mines ne peut, pour la production du cuivre, entrer en comparaison avec celles dont il s'agit ici.

Les mines du Mansfeld, entreprises dans le commencement du treizième siècle, fournirent d'abord des quantités de cuivre plus considérables encore, et dans les quinzième et seizième siècles elles rapportèrent même par année, de temps à autre, jusqu'à 18 et 20,000 quintaux de ce métal, qui faisait la principale branche de commerce des grandes villes du sud de l'Allemagne et même de Venise. Les guerres et les autres changemens survenus dans le commerce ont tellement fait diminuer le débit du cuivre, que, dans l'année 1819,

tes deux districts ne délivrèrent qu'environ 8000 quintaux de cuivre et 7500 marcs d'argent.

La diminution dans la production, jointe à d'autres circonstances, a amené aussi une diminution dans le nombre des ouvriers. Avant 1806, il s'élevait, terme moyen, à trois mille cinq cents hommes environ, aujourd'hui il n'est plus que de seize à dix-sept cents.

Les cuivres du Mansfeld ne sont pas, il est vrai, réputés pour aussi bons que ceux de Russie, qui leur portent le plus grand tort, à cause de leur bas prix; mais ils ont la même bonté que ceux de Suède, et sont principalement recherchés, parce qu'ils sont toujours égaux, ce qui n'est pas le cas des autres. Les cuivres de Sangerhausen sont meilleurs que ceux de Mansfeld, et servent principalement pour faire les fils les plus fins.

#### 1°. *Gisement et exploitation.*

Le schiste marno-bitumineux ou schiste cuivreux se montre, comme on sait, entre le grès rouge et le zechstein ou calcaire argileux compacte. Il forme une couche peu puissante, mais très-étendue et très-régulière, qui suit les inégalités du terrain de grès rouge qu'elle recouvre, et dont l'inclinaison est par suite tantôt assez forte et tantôt presque horizontale.

Cette couche, épaisse au plus de deux pieds, se compose en plusieurs points d'un certain nombre de couches ou veines distinctes, qui souvent se succèdent avec le même ordre, tandis que d'autres fois au contraire l'une prend la place de l'autre ou la fait disparaître entièrement. En d'autres points, cette division par veines n'est plus visible, et la couche consiste uniquement

Gisement  
et composition  
du  
schiste cui-  
vreux.

en schiste luisant ou terreux. Dans tous les cas, cette couche est traversée d'un grand nombre de fentes et fissures qui occasionnent des sauts, des rejets et beaucoup d'autres irrégularités.

Les minerais cuivreux contenus dans les schistes y sont le plus souvent disséminés d'une manière invisible, et ne se décèlent que par la grande pesanteur de ces schistes; d'autres fois ils apparaissent en grains cristallisés, en lames minces et en veines. Les plus communs sont le cuivre pyriteux et le cuivre sulfuré, tandis que le cuivre natif, le cuivre gris oxidulé et carbonaté s'y trouvent plus rarement.

Outre les minerais de cuivre, les schistes marno-bitumineux contiennent encore beaucoup de pyrites ferrugineuses, et quelquefois des minerais de zinc, plomb, nikel, cobalt, antimoine, bismuth et arsenic.

La richesse en cuivre de la couche est d'ailleurs différente dans les différens districts, et elle varie encore dans l'étendue d'un même district selon les veines que l'on considère. Tantôt c'est dans la partie inférieure que s'est portée la plus grande partie du métal, tantôt c'est dans la partie supérieure. Souvent on trouve, par forme de veines, des milieux stériles. C'est sur-tout dans les districts entre Eisleben et Hetstädt que l'on remarque la plus grande richesse.

Voici les teneurs en cuivre et en argent des trois principaux points :

A Wimmelbourg, par foudre ou 48 quintaux de schiste. . . . .	$1 \frac{1}{4}$ q <sup>al</sup> .	cuivre tenant 16 à 17 lots p. q <sup>al</sup> .
A Gersbstadt. . . . .	$\frac{3}{4}$ q.	8 à 14 lots.
A Sangerhausen. . . . .	$\frac{3}{4}$	6 à 8 lots.

Toutes les mines de Sangerhausen et de Mansfeld sont exploitées d'une manière analogue. Ayant atteint, par un puits hors de la masse, la couche au niveau le plus bas que les circonstances permettent d'atteindre, on mène, à ce niveau, une galerie d'allongement suivant sa direction, et on la divise en massifs de cinquante toises de long sur vingt-cinq de haut par d'autres galeries d'allongement parallèles, et des montées qui communiquent des unes aux autres. Sur chaque massif on place six à douze hommes, qui poussent, dans la couche de schiste et en forme de gradins, des tailles suivant la direction. Ces ouvriers, couchés sur le côté, attaquent, au pic, du mur de la couche la veine la plus tendre et la moins métallifère. Ils dépouillent ainsi la couche sur une profondeur de deux et demi à trois pieds; ensuite ils abattent, avec des coins ou la poudre, le schiste et le toit sur une hauteur de deux pieds au plus de haut. A mesure qu'ils avancent, ils soutiennent derrière eux le toit par des étaies, et remblaient les vides avec les déblais qu'ils retirent, tandis que le bon minerai est pris par les *hercheurs*, qui, couchés de même sur le côté, tirent le chien par le pied gauche et le descendent à la galerie inférieure, d'où ils le mènent ensuite commodément aux puits d'extraction. L'élévation au jour se fait à l'aide du treuil, comme à Sangerhausen, et avec des machines à molette, comme à Wimmelbourg.

Les eaux des mines s'écoulent par le moyen de belles galeries qu'on établit par-tout et à grands frais. Les plus remarquables sont 1<sup>o</sup>. dans l'arrondissement d'Eisleben, la *froschenmullenstolln*, qui est ouverte sur le bord du lac *Susser See*, et qui est

Exploitation  
du schiste  
cuivreux.

longue aujourd'hui d'environ six mille huit cents toises et profonde de soixante-dix toises au-dessous de la surface; 2°. dans le district de Gerbstadt, la *schlusser-stolln*, qui a été ouverte, il y a quelques années, sur les bords de la Saale près Friedbourg, qui est plus profonde de quinze toises que la précédente, et qui atteindra, un jour, une longueur de plusieurs lieues. Outre les galeries d'écoulement, on a encore, pour l'épuisement des eaux, des systèmes de pompe et deux machines à feu, l'une à Wimmelbourg et l'autre à Burgorner.

Nous n'entrerons pas, au reste, dans plus de détails au sujet de ces exploitations, qu'on trouve décrites dans l'ouvrage de M. de Villefosse, nous donnerons seulement encore un tableau présentant les principaux résultats économiques.

Districts.	Nombre d'ouvriers.	Extraction annuelle.	Frais annuels.	Frais par foudre.	Richesse du foudre.
Sangerhausen.	100	foudres. 1,200	écus. 20,000	écus. 18 à 20	quint. cuiv. $\frac{3}{4}$
Mansfeld...	1,400	8,800	120,000	13 à 14	1
TOTAL.	1,500	10,000	140,000	» »	»

*Mesures françaises.*

Districts.	Nombre d'ouvriers.	Extraction annuelle.	Frais annuels.	Frais par 50 myr.	Richesse par 50 myr.
Sangerhausen.	100	myr. 306,960	fr. 80,000	fr. 14 à 16	7 <sup>k</sup> ,80
Mansfeld...	1400	2,251,040	480,000	10 à 11	10 <sup>k</sup> ,40
TOTAL.	1500	2,558,000	560,000	» »	» »

*2°. Des fonderies.*

Les minerais de schistes cuivreux, extraits des mines du district de Sangerhausen, étant très-pauvres en argent, sont traités seulement pour cuivre, et amenés immédiatement à l'état de cuivre rosette, dans une usine située à peu de distance de la ville de Sangerhausen; tandis que ceux des mines du district de Mansfeld, plus riches en argent, sont amenés à l'état de cuivre noir dans neuf usines situées, savoir: trois près d'Eisleben, trois près de Mansfeld, une près de Burgörner, et deux à Rothenbourg et Friedbourg; le cuivre noir des sept premières est ensuite conduit à l'usine de Hetstädt pour en séparer l'argent; celui des dernières est envoyé partie à Hetstädt, et partie à Neustadt sur la Dosse.

L'existence, dans le comté de Mansfeld, d'un schiste marno-bitumineux contenant du cuivre

Des fonderies.

sulfuré uni à de l'argent, et le désir d'obtenir ces deux métaux purs et de séparer l'un de l'autre, a donné d'ailleurs occasion de s'occuper des divers moyens propres à atteindre ce but. Jusqu'ici on en a trouvé deux, l'un par la voie sèche, et l'autre par la voie humide. Le premier, depuis long-temps en usage, consiste à convertir d'abord le schiste en cuivre noir, et à séparer ensuite, à l'aide du plomb, par la méthode de la liquation, les deux métaux qui composent cet alliage. Le second, découvert depuis peu de temps, consiste à réduire les schistes en matte de cuivre, et à enlever l'argent de cette matte à l'aide du mercure par l'amalgamation. Quoique ce dernier procédé n'ait point encore été appliqué en grand, comme il paraît qu'il le sera bientôt, qu'il est d'ailleurs très-curieux, nous croyons qu'il ne sera pas inutile d'en donner une description.

Pour donner, au reste, une idée complète des opérations métallurgiques auxquelles donne lieu le schiste cuivreux du Mansfeld, et marcher toujours du simple au composé, voici le plan que nous suivrons :

1°. Nous exposerons brièvement le traitement qu'on fait subir aux schistes de Sangerhausen pour en retirer le cuivre sans tenir compte de l'argent.

2°. Nous détaillerons ensuite la méthode de fondage des usines du Mansfeld, et la manière de retirer le cuivre noir des schistes de ce district : puis

3°. Nous indiquerons les procédés usités à l'usine de Hetstädt pour séparer l'argent du cuivre contenu dans les cuivres noirs du comté de Mansfeld.

4°. Enfin, nous terminerons par l'exposition de la méthode d'amalgamation, telle qu'elle a été suivie à Gottesbelohnungs-Hütte, près Grosörner.

1°. *Fonderie de Sangerhausen.*

L'usine de Sangerhausen se compose de quatre Fonderie de Sangerhausen.  
fourneaux, dont deux pour la fusion des schistes, un pour la concentration des mattes et un pour le raffinage du cuivre noir.

Les minerais qu'on y traite sont de deux sortes :  
1°. ceux calcaires ou arénacés, qui sont dits *erz* minéral, et qui se trouvent dans la partie supérieure ou inférieure de la couche; 2°. ceux schisteux marneux et bitumineux, dits *schieffer*, schistes qui forment la partie propre de la couche. Les premiers tiennent, par foudre de 48 quintaux, 1 et demi à 2 quintaux de cuivre, et les seconds soixante-dix à quatre-vingts livres.

L'ensemble des travaux qui s'exécutent à l'usine de Sangerhausen, comprend les opérations suivantes :

1°. Grillage des schistes bitumineux, pour les priver de leur bitume, qui nuirait à la fusion.

2°. Fusion des minerais grillés et non grillés avec addition de scories et de fluate de chaux. De cette opération, qui a pour but de séparer les parties terreuses de celles métalliques, on obtient une matte brute de cuivre, qui est un alliage de cuivre, fer, soufre, zinc, arsenic et cobalt, tenant trente-six à quarante livres de cuivre par quintal, et des laitiers pauvres.

3°. Grillage de la matte brute, dans trois feux successifs, pour chasser la plus grande partie du soufre qu'elle contient, et oxider les métaux unis au cuivre, comme le fer, le zinc, le nickel et le cobalt.

4°. Fusion de la matte brute, grillée pour séparer du cuivre argentifère les métaux étrangers

qui, oxidés dans le grillage précédent, passent en plus grande partie dans les scories. On obtient de cette fusion une matte concentrée, tenant soixante à soixante-dix livres de cuivre au quintal, et des laitiers tenant deux à trois livres, qui repassent à la fusion des schistes.

5°. Grillage de la matte concentrée, à sept feux successifs, dans le but de dégager les dernières portions de soufre et de terminer l'oxidation des métaux autres que le cuivre.

6°. Fusion de la matte concentrée et grillée, avec addition de laitiers pauvres, où l'on fait passer dans les scories les métaux oxidés, et où l'on obtient du cuivre noir argentifère à cent deux livres de cuivre et six à huit lots d'argent par quintal; une matte mince, qui tient jusqu'à soixante-dix livres de cuivre, qui est grillée trois fois dans les trois derniers feux de la matte concentrée, et passée avec celle-ci dans la fusion suivante; enfin des laitiers riches qu'on utilise dans la fusion des schistes.

7°. Enfin, affinage du cuivre noir et production de cuivre rosette, par l'oxidation des dernières particules métalliques qui lui étaient unies.

Grillage des schistes.

Les minerais dits *erz*, contenant très-peu de bitume, ne sont point grillés; ceux dits *schieffer*, qui en contiennent au contraire diverses proportions, doivent toujours l'être. Il y a de ces derniers schistes qui sont assez bitumineux pour brûler d'eux-mêmes; tandis que d'autres exigent un lit de combustible.

Le grillage se fait ordinairement ainsi: sur un lit de trois à quatre shocs (180 à 240) fagots, on dispose par couches successives vingt-cinq à

trente foudres de schistes alternativement plus et moins bitumineux, et on allume le feu, qui dure environ de quatre à cinq semaines. Le foudre de 48 quintaux perd, moyennement, 4 quintaux dans ce grillage.

La fusion des minerais grillés et non grillés, mélangés dans les proportions convenables, s'opère dans un fourneau à manche de vingt-deux pieds de hauteur. A partir de la sole jusqu'à trois pieds au-dessus de la forme, la cuve intérieure est trapézoïdale; de là jusqu'au haut elle est arrondie et ovale. Le plus grand diamètre est de deux pieds, et le plus petit de quinze pouces. La sole, faite de grès rouge, a trois pouces d'inclinaison; la forme, élevée de dix-huit pouces au-dessus de la sole, reçoit la buse de deux soufflets en bois. On fond au nez, on donne aux soufflets six à sept aspirations par minute, et on passe ordinairement en vingt-quatre heures un lit de fusion composé de:

48 quintaux de schistes grillés, dits *schieffer*,  
16 quintaux de minerai non grillé, dit *erz*,  
4 quintaux de laitiers riches,  
Et 12 quintaux de fluete de chaux,

avec douze masses de charbon de bois. On en retire cinq à six quintaux de matte brute de cuivre, tenant environ deux quintaux de cuivre pur, plus des laitiers pauvres, dont on se sert dans les autres fusions.

La matte de cuivre brute obtenue est grillée, par trois fois successives, dans des cases entourées de trois murailles. Leur longueur est de six pieds, leur largeur de trois, leur hauteur de cinq, et leur sole a une inclinaison forte vers

Fusion des schistes grillés.

Grillage de la matte brute.

la face ouverte. On y fait, à chaque fois, un lit de bois, sur lequel on dispose la matte et un peu de charbon de bois, par couches alternatives; on recouvre ensuite le tout de poussier de charbon, qui se brûle bientôt, et que l'on remplace, dans le cours de l'opération, par de petits débris de matte grillée, qui s'amassent au pied du tas. On grille, dans chaque feu, 100 quintaux de matte avec deux shocs ou cent vingt fagots et trois à quatre masses de charbon. Les trois feux durent trois semaines. La matte est alors amenée à une teneur de quarante à cinquante livres au quintal.

Fusion  
de la matte  
grillée.

La concentration de la matte brute, grillée trois fois, s'opère dans un fourneau à manche, de neuf pieds de haut, dont la sole est faite d'une brasque composée de sable quarzeux et d'autant d'argile qu'il en faut pour donner du liant, et dont la forme est à deux pieds au-dessus de la sole. On foud, à ce fourneau, un mélange de deux tiers de matte grillée et un tiers de laitiers pauvres. On y fait passer un quintal de matte par heure et demie, avec un tiers de masse de charbon, et on obtient de là quatre-vingt-dix livres de matte concentrée (*spurstein*), tenant soixante à soixante-dix livres de cuivre par quintal, plus des laitiers riches de deux à trois livres, qui vont à la fusion du schiste.

Grillage  
de la matte  
concentrée.

La matte concentrée est grillée sept fois consécutives comme la matte brute, et avec la même quantité de combustible par feu; elle est amenée alors à la teneur de soixante-dix à quatre-vingts liv. de cuivre par quintal, puis fondue pour cuivre noir dans le fourneau à manche de neuf pieds,

Fusion  
de la matte  
concentrée.

où l'on passe encore deux tiers de matte con-

centrée, avec un tiers de laitier pauvre. Un quintal de matte donne ici soixante-dix à soixante-quinze livres de cuivre noir, et use deux cinquièmes de masse de charbon. On retire, en outre, une matte mince fournie du peu de soufre qui était resté dans la matte concentrée, et un laitier riche, qu'on passe dans la fusion du schiste.

L'affinage du cuivre noir s'opère sur un petit fourneau à catin, dont la sole, faite de sable, de poussier de charbon et d'argile, a treize à quatorze pouces de diamètre; on y affine à-la-fois un et un quart à un et demi quintal. Dans ce traitement, un quintal de cuivre noir use ordinairement une masse à cinq quarts de masse de charbon, et donne cent deux à cent trois livres de cuivre pur, très-beau, très-malléable, et se laissant même tirer en fils assez fins.

Affinage du  
cuivre noir.

L'usine de Sangerhausen occupe vingt-cinq ouvriers: ils sont tous payés à la journée, et reçoivent de quatre à six gros par poste de douze heures. On foud annuellement à Sangerhausen quatorze cents foudres de schistes, d'où l'on retire 1850 quintaux de cuivre, tenant quatre cent quatre-vingts marcs d'argent, que l'on néglige. Voici, au reste, le tableau des frais et produits de cette usine, tel qu'il résulte de la moyenne des dernières années.

Résultats  
généraux.

Nombre de fourneaux à schiste.	Nombre des ouvriers.	Quantité fondue.	Combustible brûlé.	Cuivre obtenu.	Frais par quintal cuivre.	Valeur du quint. cuivre.
2	25	fondres. 1200	masses. 10,000	quint. 850	écus. 10	écus. 35

*En mesures françaises.*

Nombre de fourneaux à schiste.	Nombre des ouvriers.	Quantité fondue.	Combustible brûlé.	Cuivre obtenu.	Frais par 50 kil. cuivre.	Valeur des 50 kilogr.
2	25	myr. 306,960	m. cub. 2,910	kil. 45,305	fr. c. 37 52	fr. c. 131 33

*2°. Fonderies du Mansfeld.*

Fonderies de Mansfeld et d'Eisleben.

Les minerais des arrondissemens de mines qui s'étendent de Wolferode à Helbra sont répartis entre les usines d'Eisleben et celles de Mansfeld de telle manière, que les premières en reçoivent deux cinquièmes et les secondes trois cinquièmes. Ces minerais sont des schistes riches en cuivre et en argent, par le cuivre gris qui est disséminé dans leur masse, et par le cuivre sulfuré qui les recouvre en lamelles superficielles. Ils tiennent ordinairement, par foudre de 48 quintaux, cinq quarts de quintal de cuivre et dix-huit à vingt lots d'argent;

ils tiennent aussi, par foudre, un et demi à 2 quintaux d'humidité. D'ailleurs la nature de leur gangue varie un peu d'après les localités : ainsi les unes sont plus calcaires, les autres plus argileuses, les autres plus ferrugineuses. Tous ces schistes contiennent d'ailleurs une proportion notable de zinc ; tous aussi sont très-bitumineux, et quelques-uns au point de brûler d'eux-mêmes.

Les procédés de fondage sont les mêmes dans les usines d'Eisleben et dans celles de Mansfeld. Dans l'exposition que nous allons en faire, nous aurons principalement égard à ces dernières, sur lesquelles nous avons fait un plus long séjour.

On exécute, dans les usines de Mansfeld, les opérations suivantes :

- 1°. Grillage des schistes cuivreux ;
- 2°. Fusion des schistes grillés, d'où l'on obtient une matte brute de cuivre ;
- 3°. Grillage de la matte brute à six feux successifs, où cette matte est amenée à un état propre à être convertie immédiatement en cuivre noir : par là on évite non-seulement deux feux sur le procédé de Sangerhausen, mais aussi l'opération de la concentration ;

4°. Lavage de la matte brute grillée, et préparation du sulfate de cuivre qui s'était formé en petite quantité dans ce grillage ;

5°. Fusion de la matte brute grillée et lavée, pour en obtenir un cuivre noir argentifère.

*Grillage.* Les schistes du Mansfeld, étant tous plus ou moins bitumineux, doivent être grillés, pour perdre cette substance, qui nuirait à leur fusion. Les schistes de nature calcaire, ferrugineuse ou argileuse, sont grillés séparément. Ce

Grillage des schistes.

grillage a lieu en plein air. On dispose sur chaque aire un lit de bois d'un demi-pied de haut, que l'on recouvre de schiste sur une hauteur de cinq à six pieds, et au milieu desquels on ménage un ou plusieurs canaux pour pouvoir mettre le feu. En général, on grille cinquante foudres à-la-fois; on emploie dix à vingt-cinq shocs de bois, selon que le minerai est plus ou moins bitumineux; le feu dure de quatre à dix semaines, selon la température, et, dans cette opération, un foudre de 48 quintaux perd environ 6 quintaux de son poids.

Fusion des schistes grillés.

La fusion des schistes s'opère dans un fourneau à manche, de quatorze pieds de hauteur; la sole, faite d'une pierre de grès rouge, a trois pouces d'inclinaison. A partir de cette sole jusqu'à la hauteur de six pieds, il est construit de pierre de grès rouge, tandis que sa partie supérieure est construite en brique. La tuyère, presque horizontale, est élevée de deux pieds au-dessus de la sole. Les coupes horizontales, prises au niveau du gueulard, de la tuyère et de la sole, ont les proportions suivantes:

Largeur postérieure.	Largeur antérieure.	Profondeur.
1 <sup>re</sup> . coupe, 1 p. 9 p <sup>o</sup> .	1 p.	2 p. 1 p <sup>o</sup> .
2 <sup>e</sup> . coupe, 2 p. 3 p <sup>o</sup> .	1 p. 9 p <sup>o</sup> .	2 p. 4 p <sup>o</sup> .
3 <sup>e</sup> . coupe, 2 p.	1 p. 6 p <sup>o</sup> .	2 p.

La tuyère reçoit la buse de deux soufflets en bois, dont les dimensions sont de huit pieds sept pouces de longueur, trois pieds trois pouces de largeur postérieure, un pied huit pouces de largeur antérieure et deux pieds de levée.

Sur la paroi de devant est pratiqué l'œil, qui communique, par deux petites rigoles, à deux

bassins de réception creusés dans le sol et formés de brasque.

Lorsqu'on veut fondre, on prépare ainsi les lits de fusion: on met, en couches successives près du gueulard,

- 20 quintaux de schiste ferrifère.
  - 14 quintaux de schiste calcaire.
  - 6 quintaux de schiste argileux.
  - 2 quintaux de crasses.
  - 3 quintaux à 3  $\frac{1}{2}$  chaux fluatée, selon qu'on fond au charbon de bois ou au coak.
  - 3 quintaux de scories ou laitiers riches.
- 
- 48 quintaux, composition d'un foudre.

Le fourneau étant échauffé, ce qui exige un temps de six à vingt-quatre heures, selon qu'il a déjà servi ou non, on le remplit à moitié de charbon, et on commence par charger en scories pour mettre en train et former le nez. Lorsque la cuve est pleine, on donne le vent et on charge en minerai. Les charges se composent alors selon qu'on use de charbon de bois ou de coak,

- 1<sup>o</sup>. de 30 liv. charbon.
- 2<sup>o</sup>. de 75 liv. coak.
- 150 liv. schiste.
- 160 liv. schiste.

Le fourneau allant bien, on donne aux soufflets huit impulsions par minute, dans la fonte au coak comme dans celle au charbon de bois; une impulsion peut donner 25 pieds cubes d'air.

Dans la fonte au charbon de bois, on passe ordinairement un foudre ou lit de fusion en seize heures; on consomme neuf trois quarts à dix masses de charbon, et on retire

- 3  $\frac{1}{2}$  quintaux de matte de cuivre à 50 à 52 liv. cuivre par quintal.
- $\frac{1}{2}$  quintal de fer.
- $\frac{1}{2}$  quintaux de scories.
- $\frac{1}{2}$  quintal de crasses, dites *schwel*.



Dans la fonte au coak, on fait passer au fourneau un foudre en quinze heures; on use six tonnes et demie de coak, et on obtient les mêmes produits, à l'exception du fer, dont la proportion s'élève à un quart de quintal.

Un fourneau reste ordinairement dix-huit à vingt semaines en feu. On fond au nez; on reconnaît que l'opération va bien quand les scories se dégagent facilement, que la matte de cuivre est abondante, que les scories sont très-coulantes, vitreuses et compactes, et la matte compacte, à grain fin et de couleur irisée.

La matte et les scories se séparent dans le bassin et sont enlevées à part. Les scories sont gardées pour d'autres fontes, ou roulées en boules, et utilisées, soit pour chauffer des apparemens, soit pour murailles. On garde pour de nouvelles fontes les dernières, qui sont toujours plus riches en cuivre. Les scories bien compactes, destinées à bâtir, se vendent un écu le choc ou la soixantaine.

Pour la fusion des schistes, on a un fondeur, un chargeur et un aide pour rouler les schistes et préparer les lits de fusion; tous ces ouvriers sont à la journée: le premier reçoit cinq gros six liards par poste de douze heures; le second cinq gros deux liards, et le troisième quatre gros huit liards. Ce dernier prépare en douze heures les schistes qui doivent passer en vingt-quatre heures.

*Le grillage de la matte brute de cuivre, obtenue dans la fusion précédente, s'exécute dans des cases semblables à celles de Sangerhausen. On grille ordinairement ici 60 quintaux à-la-fois; on dispose sur la sole une couche mince de bois et de charbon, puis on y étend la matte concassée*

Grillage de la matte brute.

en morceaux de deux à trois livres et on recouvre le tout de trois à quatre pouces de menu charbon. Avec le nombre des feux, on augmente la quantité de charbon, et à chaque feu on concasse de nouveau la matte avant de la passer au feu suivant.

On a ordinairement, pour diriger le travail de six cases de grillage, un chef, qui reçoit cinq gros par poste de douze heures, et trois aides, qui reçoivent de deux gros et demi à quatre gros, selon leur âge. Ces derniers doivent porter la matte, faire les lits de grillage et casser la matte après chaque feu.

Voici, au reste, un tableau qui présente la durée des différens feux et la quantité de combustible qu'on emploie à chacun.

Nos des feux.	Durée.	Bois.	Charbon.
1	3 jours.	2 shocs.	5 masses.
2	6	2	2
3	8	2	2 $\frac{1}{2}$
4	10	2	3
5	12	2	3 $\frac{1}{2}$
6	12	2	4
Total....	51 jours.	12 shocs	15 masses.

*Lavage. Dans les grillages successifs que reçoit* Lavage de la matte grillée.

la matre de cuivre, comme il se forme toujours un peu de sulfate de ce métal, on la soumet au lavage après chaque feu, pour dissoudre ce sel, qu'on obtient ensuite par évaporation.

Ce lavage se fait dans trois caisses disposées par gradins et dont les dimensions sont de trois pieds de longueur sur trois de largeur et deux de profondeur. On met dans chacune de ces caisses 25 à 30 quintaux de matre, sur lesquels on jette de l'eau, qu'on laisse séjourner dix-huit heures, et qu'on conduit d'une caisse dans l'autre : l'eau sortant de la dernière tient ordinairement quinze à vingt pour cent de sulfate de cuivre; l'ayant fait clarifier, on la fait évaporer dans une chaudière de plomb, qui a huit pieds de longueur, six de largeur et un de profondeur. Dans l'espace de quatorze heures, elle est amenée à la teneur de trente pour cent avec un choc de bois, et trois cents pains de tourbe : quand elle a déposé, on la transvase dans des bassins de cuivre, où elle cristallise. De 100 quintaux de matre on retire environ 2 à 2 et demi quintaux de vitriol pur.

On ne lave point la matre après son premier et son dernier grillage, mais après tous ceux intermédiaires. On fait par an, dans les usines de Mansfeld, 600 quintaux de sulfate de cuivre, qu'on vend quinze à vingt écus le quintal.

Pour ce lavage, il y a douze ouvriers, un maître qui reçoit cinq gros et demi par poste de douze heures, et un aide qui a trois à quatre gros dans le même temps.

*Fusion de la matre brute grillée et lavée.* La matre de cuivre, grillée six fois et lavée, est enfin amenée à l'état de cuivre

noir dans un fourneau semblable à celui employé pour la fusion des schistes.

Un lit de fusion se compose de 60 quintaux de matre et de 12 à 15 quintaux de scories pauvres venant des schistes; le fourneau allant bien, on donne aux soufflets dix aspirations par minute. On charge à-la-fois trente livres de charbon de bois et cent soixante-seize à cent quatre-vingts du mélange, et on passe un lit de fusion en vingt-quatre heures avec vingt-quatre masses de charbon; on en retire des scories riches, 10 quintaux de matre mince et 20 à 25 quintaux de cuivre noir.

Les scories sont réservées pour la fusion des schistes; la matre mince, riche de soixante-dix livres de cuivre par quintal, est grillée trois fois dans les trois derniers grillages de matre et repassée dans la fonte suivante. Le cuivre noir, qui contient, par quintal de cent quatorze livres, cent livres de cuivre pur et vingt lots d'argent, est mis à part pour être envoyé à l'usine de Hetstädt.

Pour la fusion des mattes, on a un fondeur et son aide, un chargeur, et un manoeuvre qui roule les mattes près du fourneau; tous travaillent douze heures, et reçoivent de six à sept gros par poste.

Dans les usines d'Eisleben et Mansfeld, comprenant, les premières, quatre fourneaux, et les dernières dix fourneaux à schiste, on fond annuellement quatre mille trois cents foudres de schiste de 48 quintaux, d'où l'on obtient environ 5,000 quintaux de cuivre noir.

Les fondans viennent du comté de Stolberg et coûtent, rendus aux usines, cinq gros le quintal. La masse de charbon de quatorze pieds cubes

coûte un écu ; le choc de bois, de soixante fagots, coûte huit gros.

Les frais de fusion de dix-sept foudres de schiste donnant 25 quintaux de cuivre noir, sont les suivans :

		FRAIS.				Total des frais.
Schistes fondus.	Cuivre noir obtenu.	Combustible.		Fondant.		Main-d'œuvre.
		Bois.	Charbon.	Chaux fluatée.	Valor.	
17	foud. quint.	shoc.	masses.	quint.	écus.	écus.
	25	24	210	50	10	50
		8	210			278

*En mesures françaises.*

		FRAIS.				Total des frais.
Schistes fondus.	Cuivre noir obtenu.	Combustible.		Fondant.		Main-d'œuvre.
		Bois.	Charbon.	Chaux fluatée.	Valor.	
	kil.	fagots.	m. cub.	kil.	fr.	fr.
3264	100	108	460	200	3	15
		240	63			8340

D'où il suit que les frais montent à onze écus par quintal de cuivre noir obtenu ; d'ailleurs les frais d'administration vont encore à quatre écus par quintal : donc il revient, en définitive, à quinze écus.

Les schistes qui sont extraits des mines des Fonderies de Gerbstadt sont l'arrondissement de Gerbstadt. fondus dans les usines de Kupferkammer, près Burgorner, et de Rothenbourg et de Friedbourg.

L'usine de Kupferkammer reçoit les schistes des arrondissemens compris entre Burgorner et Gerbstadt. Ces schistes, assez bitumineux, contiennent, en sortant de la mine, ordinairement deux quintaux d'humidité par foudre. Leur teneur moyenne est d'ailleurs de quatre-vingt-seize livres à 1 quintal de cuivre, et quinze à seize lots d'argent par foudre. L'usine de Kupferkammer a trois fourneaux, auxquels on passe annuellement quinze cents foudres de schiste. Les procédés de fondage sont d'ailleurs les mêmes que ceux usités dans les usines d'Eisleben et Mansfeld.

Les usines de Rothenbourg et Friedbourg traitent les minerais des arrondissemens compris entre Gerbstadt, Zabenstadt et Friedbourg. Ce sont des schistes plus pauvres encore que ceux de Kupferkammer ; car ils ne tiennent, par foudre, qu'un quintal de cuivre et douze à quatorze lots d'argent. On les fond par un procédé analogue à celui de Sangerhausen ; c'est-à-dire que la matte obtenue de la fusion des schistes, au lieu d'être grillée sept fois et fondue aussitôt pour cuivre noir, n'est grillée que trois fois, concentrée, grillée ensuite sept fois, et enfin réduite en cuivre noir. On peut voir, dans l'ouvrage de M. de Villefosse, les détails concernant les usines de Kupferkammer et Rothenbourg.

L'usine de Rothenbourg renferme deux fourneaux, auxquels on passe annuellement mille foudres de schistes ; celle de Friedbourg en ren-

ferme quatre, où l'on fond deux mille foudres.

Les résultats généraux des usines de l'arrondissement de Gerbstadt sont renfermés d'ailleurs dans le tableau suivant, relatif à la production totale annuelle du grand district de Mansfeld.

Districts.	Nombre de fourneaux.	Nombre des ouvriers.	Quantité de schiste fondue.	Combustible employé.			Quantité de chaux siliceuse.	Cuivre noir obtenu.	Frais par quintal de cuivre.
				Bois.	Charbon.	Conk.			
Mansfeld..	14	20	4,300	shocs. 5,000	fond. 2,100	sheffel. 26,000	quint. 10,000	éc. 15	
Gerbstadt.	10	80	4,500	4,400	2,800	28,000	8,000	16	
TOTAL..	24	200	8,800	9,400	4,900	54,000	18,000		

*En mesures françaises.*

Districts.	Nomb. de fourneaux.	Nomb. des ouvriers.	Quantité de schiste fondue.	Combustible employé.			Quantité de chaux siliceuse.	Cuivre noir obtenu.	Frais par 50 kil de cuivre.
				Bois.	Charbon.	Conk.			
Mansfeld..	14	120	1,100,000	façots. 300,000	m. cub. 7,350	m. cub. 1,534	kil. 532,950	fr. 56,28	
Gerbstadt.	10	80	1,151,100	264,009	9,800	1,652	426,360	239,727 60	
TOTAL..	24	200	2,251,100	564,000	17,150	3,186	959,310	506,202	

### 3°. Usine à liquation de Hetstädt.

L'usine de Hetstädt, située non loin de la petite ville de ce nom, fut commencée en 1686 et considérablement augmentée en 1714; elle appartient à la société qui possède les mines de cuivre du Mansfeld. Cette société, composée en grande partie de Saxons, est représentée par une commission très-éclairée, qui s'assemble, deux fois par an, à l'usine, où, sous la présidence du directeur des mines, elle traite des parties techniques, économiques et administratives, des opérations de commerce, et du droit, enfin des objets personnels.

La construction de cette usine présente un immense rectangle, embrassant une cour d'environ sept mille pieds carrés de surface. Sur l'un des côtés longs qui bordent cette cour, sont les divers fourneaux; sur l'autre, les logemens des officiers et les salles de conférence; sur les deux petits côtés, les magasins à charbon et logemens des employés subalternes.

La disposition intérieure de l'usine proprement dite est très-convenable. Sur l'un des côtés, sont tous les fourneaux et foyers qui exigent l'emploi des soufflets, et sur l'autre ceux qui n'en font point usage. On a d'ailleurs mis, autant que possible, en regard les uns des autres les feux des travaux correspondans. Ainsi, le fourneau de liquation se trouve vis-à-vis celui où se préparent les pains de liquation; le foyer d'affinage vis-à-vis du foyer de ressuage, où l'on obtient les carcasses. On compte, sur l'un des côtés, quatre fourneaux à manche pour la préparation des

Disposition et description de l'usine.

pains, quatre fourneaux de coupelle, deux foyers d'affinerie et cinq demi-hauts-fourneaux ; et de l'autre côté, les fourneaux de liquation et de ressuage. Sur ce dernier côté, se trouvent en outre une chambre pour poser le cuivre et le casser, une autre pour le dépôt du plomb et du cuivre rompu, une pour les essais, enfin un bocard à charbon et le marteau pour casser le cuivre. L'étage supérieur de l'usine comprend les emplacements pour les lits de fusion, et plusieurs places de dépôt pour la cendre et autres matériaux.

Les usines qui livrent leur cuivre noir à l'usine de Hetstädt en sont éloignées d'une demi-lieue à quatre lieues. Elles sont, comme nous l'avons déjà dit, au nombre de neuf, savoir : 1<sup>o</sup>. celle de Kupferkammer, distante d'une demi-lieue; les trois de Mansfeld, distantes de deux lieues; les deux d'Eisleben, distantes de trois, et les deux de Rothenbourg et Friedbourg, distantes de quatre lieues.

La quantité que doit livrer chaque usine est fixée d'avance et déterminée en raison du débit, du prix du cuivre, de la concurrence, des frais nécessaires et du gain qu'on veut obtenir. En général, les neuf usines livrent annuellement de 6 à 10,000 quintaux de cuivre noir.

Ce cuivre est livré par postes de 20 quintaux de 114 livres. Avant de le peser, et pour contrôler la quantité d'argent et de cuivre y contenue, on enlève de chaque plaque des morceaux d'environ deux livres et demie, qu'on mêle entre eux et qu'on divise en trois parties. L'administrateur de l'usine qui livre le cuivre en reçoit une partie; la seconde

est donnée à l'essayeur royal, comme partie intéressée, et la troisième à l'usine de Hetstädt, comme partie prenante. Cela fait, on pèse les postes et l'on compte les rondelles, et sur la plus grande on inscrit le nom de l'usine, le trimestre et la semaine de l'envoi, le nombre de quintaux délivré et celui des rondelles, et alors le secrétaire donne un certificat à l'homme qui accompagne les voitures. C'est ordinairement dans la sixième, neuvième, onzième et treizième semaine que se font ces envois. A l'arrivée, le conducteur donne son certificat à l'officier chargé de le recevoir : alors celui-ci fait décharger, compte les rondelles, les morceaux, et les prend sous sa responsabilité. Lorsque tout est délivré, l'usine de Hetstädt fait peser de nouveau en présence du directeur de l'usine à cuivre; mais elle prend alors une livre par quintal pour les crasses, ou pèse chaque quintal à cent quinze livres.

A la fin de chaque trimestre, l'usine de Hetstädt termine son compte avec l'usine à cuivre; elle paie cent dix livres de cuivre pur pour chaque quintal de cuivre noir reçu, et à l'égard de la teneur en argent de ce cuivre noir, qui a été reconnue par les essais et vérifiée par les contrôles, elle en compte par quintal neuf lots de moins pour les frais d'usine. On verra que ces deux droits sont très-faibles, si on considère le grand nombre de feux par lesquels ce cuivre doit passer.

Dans l'espace de trois ans, a lieu l'ensemble des opérations dont la suite est celle-ci :

1<sup>o</sup>. *Division* ou cassage du cuivre noir pour le disposer aux opérations suivantes.

Precis des  
opérations  
qui s'y exé-  
cutent.

2°. *Rafrâichissage* ou préparation des pains de liquation par la fusion simultanée du cuivre noir argentifère avec du plomb. On retire, en outre, de cette opération, des scories, qui sont passées en partie dans les rafrâichissages suivans.

3°. *Liquation* des pains précédens, qui, par la plus facile fusibilité du plomb que du cuivre, et la plus grande affinité de ce métal pour l'argent, donne du plomb argentifère d'une part et des résidus cuivreux encore argentifères de l'autre. On obtient en outre, ici, une scorie stalactiforme.

4°. *Coupeilation* du plomb argentifère, où, par la plus facile oxidation du plomb, l'argent reste seul, tandis que le plomb s'écoule sous forme de litharge ou pénètre dans la sole.

5°. *Raffinage* de l'argent.

6°. *Ressuage* des résidus cuivreux du n°. 3, pour les dégager des dernières portions de plomb et autres métaux qu'il peut contenir. On retire de cette opération des pains cuivreux (*darrlinge*), des fragmens cuivreux (*pickshieffer*) et des scories (*darrchlacke*).

7°. *Raffinage* des pains cuivreux, où l'on obtient cuivre rosette et laitier.

8°. *Fusion* des crasses et scories, où l'on traite une partie des scories de rafrâichissage, les scories de liquation, la litharge et sole de coupeilation, les scories et écailles de ressuage, enfin les résidus de lavage des débris des fourneaux. On obtient de cette fusion des pains de liquation pauvres, qui, liquatés, donnent un plomb d'œuvre qu'on passe au rafrâichissage, et des scories

riches, qu'on repasse quatre fois, et qui donnent alors des scories pauvres, qu'on rejette;

9°. Enfin, *fusion* des crasses d'affinage, qui donnent des résidus cuivreux qu'on fait ressuier et affiner.

#### 1°. *Division du cuivre.*

Pour opérer une dissolution aussi rapide que possible de la masse de cuivre noir à rafrâichir, on divise les rondelles en petites parties, qui offrent alors plus de points de contact avec le calorique. Ces rondelles n'ayant pas d'ailleurs ordinairement plus d'un demi-pouce d'épaisseur, on exécute, le plus souvent, cette division à froid; celles cependant qui ont une épaisseur plus considérable le sont à chaud.

Cette division s'opère à l'aide d'un pilon mu par l'eau à la manière des pilons ordinaires de bocards. Ce pilon porte, à son extrémité, un fer fait en forme de coin, et vient frapper sur une autre pièce de fer présentant un angle. On passe les rondelles sur cette dernière pièce lorsque le pilon s'élève, et en retombant il les casse en morceaux de trois à cinq livres carrés, ou de trois à cinq livres pesant. Le poids de ce pilon est de vingt-trois quintaux, sa vitesse de cinquante chutes par minute; trois ouvriers à la journée sont chargés de ce travail: l'un amène les rondelles de cuivre; l'autre les tient sous le pilon, et le troisième conduit les morceaux dans la chambre de réserve, où il les dépose en postes de 20 quintaux, comme ils ont été délivrés. Ces différens postes sont tous dans des cases séparées, portant un écriteau, sur lequel est inscrite la teneur. Dans un poste de travail de cinq à six heures, trois ouvriers

peuvent briser cinq postes ou 100 quintaux de cuivre noir. L'ouvrier qui tient les rondelles sous le pilon doit, du reste, user de beaucoup de prévoyance pour éviter les éclats, et saisir l'instant favorable pour enlever les débris de dessus l'enclume.

Les rondelles épaisses de cuivre noir qui ne pourraient être cassées à froid sont d'abord chauffées au rouge, et ensuite cassées sur une plaque de fer, à l'aide de marteaux de dix à douze livres. On rassemble ordinairement ces rondelles jusqu'à ce qu'on en ait une quantité suffisante: alors on les place au milieu des charbons sur le foyer d'affinage du cuivre; on allume, on donne le vent, et quand elles sont suffisamment chaudes, on les casse. Ce sont les raffineurs qui s'occupent de ce travail, pour lequel ils sont payés à la journée. Parmi les cuivres noirs des divers districts, on trouve la plus grande partie des grosses rondelles dans ceux de Mansfeld et Eisleben, tandis que ceux de Kupferkammer et Rothenbourg n'en donnent que fort peu. La raison en est que les rondelles de Mansfeld et Eisleben sont, dans leur état de fusion, plus conductrices de la chaleur que les autres, comme plus pures. La division des rondelles se fait tous les samedis, celle des culots ou rondelles épaisses environ quatre fois par an.

#### 2°. *Du rafraîchissage.*

Rafraîchis-  
sage.

L'opération du rafraîchissage se fait dans un fourneau à manche, bâti en grès, qui a cinq pieds de hauteur de la sole au gueulard et dont la sole a dix-huit pouces de largeur postérieure, douze pouces de largeur antérieure et deux pieds

trois pouces de profondeur. La sole, faite de brasque légère, composée de cinq parties de charbon sur trois parties d'argile, a une inclinaison de six pouces: la forme, faite de cuivre, est à . . . de la sole; elle reçoit la buse de deux soufflets en bois et est presque horizontale. Le bassin de réception a dix pouces de diamètre et seize de profondeur; celui de percée, fait en fer fondu, a deux pieds de largeur.

Le cuivre noir est un alliage de cuivre et d'argent mélangé de fer, nickel, zinc, cobalt, soufre et quelques terres. Le but qu'on se propose dans le rafraîchissage est de chasser ces matières mélangées et de séparer l'argent du cuivre: le moyen d'y parvenir est d'ajouter du plomb, car l'expérience a appris que, quoique le cuivre n'ait pas pour l'argent une moindre affinité que le plomb, cependant celui-ci peut le lui enlever dans un rapport déterminé des masses et de la température. On produit une bonne séparation en employant trois fois autant de plomb que de cuivre; on opère ainsi non-seulement la réunion des masses, mais on force l'argent à s'unir intimement au plomb. Si on prenait moins de plomb que de cuivre, ou portions égales, ou même seulement une fois autant de plomb que de cuivre, l'opération ne réussirait pas. D'un autre côté, on ne doit pas non plus employer une trop grande quantité de plomb, car alors on obtiendrait un plomb d'œuvre trop pauvre pour être coupellé, il faudrait préalablement l'enrichir, et par là on brûlerait beaucoup de plomb.

On doit donc suivre la proportion indiquée par l'expérience dans la préparation des mélanges à fondre. Ces mélanges sont de deux sortes, riches

ou pauvres, selon qu'on emploie des cuivres noirs riches ou pauvres en argent. On fait des mélanges pour chaque pain; quarante pains forment ce qu'on nomme (*frischen*) une fusion.

Pour un pain pauvre on prend les cuivres noirs, qui tiennent seulement de douze à dix-huit lots d'argent par quintal. On fait entrer dans sa composition 10 quarts de quintaux de plomb pauvre, et 3 quarts de quintaux de ces cuivres noirs à la teneur totale de 47 quintes d'argent. Par exemple :

$\frac{1}{2}$  quintal de cuivre noir de Kupferkammerhutte, à 14 lots au quintal. . . . . 28 quintes argent.

$\frac{1}{4}$  quintal de cuivre des usines d'Eisleben à 19 lots au quintal. 19 quintes.

---

$\frac{3}{4}$  quintaux cuivre noir tenant. . . . . 47 quintes.

Pour un pain riche on prend les cuivres noirs les plus riches de Mansfeld et Eisleben. On fait entrer dans sa composition 5 huitièmes à 3 quarts de quintaux de ces cuivres noirs, et 11 quarts de quintaux de plomb en partie pauvre et en partie un peu argentifère, lesquels doivent tenir ensemble 72 à 73 quintes d'argent. Exemple :

$\frac{1}{2}$  quintal de cuivre noir de Mansfeld, à 20 lots. . . . . 40 quint.

$\frac{3}{16}$  quintal de cuivre noir d'Eisleben, à 20 lots. 15

$\frac{1}{16}$  quintal de Kupferkammerhutte, à 16 lots. 4

$\frac{1}{8}$  quintal plomb de. . . . ., à 3 lots. 4  $\frac{1}{2}$ .

10 quintal plomb de. . . . ., à 2  $\frac{1}{2}$  lots. 10

1  $\frac{1}{4}$  quintal plomb pauvre. . . . . »

$\frac{1}{8}$  quintal litharge. . . . . »

---

$\frac{3}{4}$  quint. cuiv. noirs.  $\frac{13}{4}$  quint. plomb avec. . . 73  $\frac{1}{2}$  q. d'arg.

On pèse le cuivre par quintaux de cent quatorze livres, le plomb par cent dix livres. On pèse à-la-fois une quantité suffisant pour quarante

pains, que l'on dépose devant le fourneau où ils doivent être passés.

Le fourneau étant chauffé et rempli de charbon, on donne le vent, qu'on maintient à dix à douze aspirations des soufflets par minute. On commence ensuite par passer six pains pauvres, pour mettre le fourneau en train; puis on charge les pains riches.

On charge ordinairement, d'abord les 3 quarts de quintaux de cuivre noir, puis une mesure de charbon, et lorsque le cuivre est arrivé au bas et commence à couler, on charge les 11 quarts de quintaux de plomb correspondans, qu'on fait suivre aussitôt d'une mesure de charbon et de 3 quarts de quintaux de cuivre du pain suivant, parce que le cuivre exige, pour fondre, plus de temps que le plomb. On charge le cuivre, le plomb sur la paroi de derrière et les charbons sur le devant.

Le fondeur entretient devant la forme une petite paroi de scories, afin de préserver la forme de la chaleur et d'éviter que le cuivre ne soit trop refroidi à son passage à la tuyère. Le bassin de réception, dont les dimensions sont celles nécessaires à un pain, étant rempli, on bouche l'œil, on fait la percée et on reçoit les métaux dans le bassin inférieur. On les refroidit subitement et on les enlève. Les scories de cette opération sont repassées en partie et en partie recueillies pour être traitées à part.

Le feu étant mené vivement, et les soufflets ayant chacun douze à quinze impulsions par minute, et donnant dix-huit à vingt pieds cubes d'air par impulsion, il passe moyennement un pain toutes les huit minutes. Pour une fusion de

quarante pains, qui dure cinq à six heures, on consomme huit masses de charbon. A chaque pain, qui pèse au-delà de trois quintaux  $\frac{1}{4}$ , on retire vingt livres environ de scories, tenant au quintal un demi-lot d'argent et quarante livres de plomb. Il se volatilise, en outre, une poussière qui tient au quintal un quart de lot d'argent et cinquante-deux livres de plomb. Un fourneau reste ordinairement huit jours en feu, et pendant ce temps on fait passer deux cents à deux cent cinquante pains riches.

On a trois ouvriers pour ce travail : un fondeur, qui reçoit six gros par fusion de quarante pains ou poste de cinq à six heures ; le perceur, qui gagne 5 gros dans le même temps ; enfin le chargeur, à qui on donne quatre gros.

Le travail doit être mené très-vite pour éviter la trop grande oxidation et volatilisation du cuivre et du plomb.

Il doit être mené également, et pour cela il faut charger toujours une égale quantité de charbon, employer des charbons de même qualité et donner un vent uniforme.

Dans cette opération, il se brûle cinq livres de plomb par quintal de cuivre. Le zinc contenu dans ce dernier se volatilise en partie, ou s'oxide, et passe dans les scories avec le fer et le cobalt.

C'est dans le bassin de réception que se forme l'union du plomb et du cuivre, et en raison du rapport des masses, le plomb attire à lui tout l'argent sans cesser cependant de rester uni au cuivre.

### 3°. De la liquation.

Liquation.

Cette opération, qui a pour but de séparer du

cuivre l'argent et le plomb qui y sont unis dans les pains de liquation, est fondée sur ce que le plomb entre plus tôt en fusion que ne le fait le cuivre, et en ce qu'il entraîne l'argent par l'union intime qu'il a contractée avec lui dans la fusion précédente. On doit, sur-tout ici, éviter de faire arriver sur ces masses des courans d'air non décomposés, qui les oxideraient.

On avait autrefois, à Hetstädt, deux manières de liquater, l'une au bois et l'autre au charbon de bois ; celle au charbon est aujourd'hui la seule employée. Nous commencerons par la décrire, nous dirons ensuite quelques mots de celle au bois.

Les fourneaux de liquation au charbon de bois sont grands ou petits. Les uns sont susceptibles de recevoir huit pains et les autres six : de sorte que pour un poste de quarante pains on en emploie quatre petits et deux grands. Le manque d'espace n'a pas permis de les construire tous grands.

Ces fourneaux ne sont autre chose que deux murailles hautes de trois pieds six pouces, distantes de six pouces à un pied, surmontées de deux plaques de fer épaisses de trois pouces et larges de 18 pouces, qui s'inclinent de trois pouces l'une vers l'autre, et offrent entre leurs bords inférieurs une ouverture de huit pouces, par laquelle les matières tombent dans le canal formé par les deux murailles et coulent sur la sole inclinée, qui aboutit à un bassin extérieur, où tout va se réunir. Les deux plaques de fer sur lesquelles on pose les pains sont surmontées de petites murailles de la hauteur de deux pieds ou du diamètre d'un pain, sur un des côtés longs et

les deux petits côtés ; l'autre côté long se ferme ordinairement avec une plaque de tôle quand les pains sont placés. Les fourneaux les plus grands ont six pieds de longueur intérieure et les petits quatre pieds.

Lorsqu'on veut liquater, l'aire étant nettoyée, le conduit ou canal entre les murailles plein de charbon et le bassin extérieur échauffé, on dispose, sur l'aire, les pains à liquater, de champ, à six pouces de distance environ les uns des autres, au moyen de petits morceaux de bois qu'on introduit entre deux ; ensuite on remplit les intervalles avec de menus charbons enflammés, qu'on recouvre de charbons noirs. On ferme l'aire avec la plaque de tôle, et on met de nouveaux charbons pour couvrir les pains. Dans l'espace de trois quarts d'heure, tous ces charbons sont enflammés. Les pains commencent à liquater, alors le plomb uni à l'argent coule dans le conduit et de là se rend dans le bassin de réception. Quand tous les charbons sont brûlés, on en met d'autres ; on en donne aussi au conduit pour maintenir le plomb fluide. Dès que le bassin est plein, on puise le plomb, qu'on verse dans des poêles de fer d'environ un quart de quintal, et quand il est refroidi, on l'en retire au moyen d'un pic.

Un homme conduit ordinairement deux aires de liquation dans son poste de cinq heures, pendant lequel il reçoit quatre gros. Cet ouvrier doit prendre d'ailleurs les précautions suivantes :

1<sup>o</sup>. Faire que les pains diminuent graduellement et simultanément, et il y parvient facilement en couvrant ou fermant les canaux qui traversent le fourneau, en donnant plus ou moins de charbon, et en ayant soin de maintenir, avec un mor-

ceau de fer, les pains toujours dans la même position verticale et à la même distance les uns des autres, en introduisant entre eux de gros charbons ;

2<sup>o</sup>. Remuer continuellement les scories dans le conduit, et le plomb dans le bassin.

3<sup>o</sup>. Mener d'abord le feu lentement pour que le plomb n'entraîne pas de cuivre avec lui, et l'augmenter vers la fin, afin qu'il ne reste pas trop de plomb et d'argent dans le cuivre.

En général, pour la liquation de quarante pains venant d'une fusion, on consomme un foudre, ou douze masses de charbon. Les produits sont :

1<sup>o</sup>. 78 à 84 quintaux de plomb, de 7 lots à 7 lots et demi au quintal, et une très-petite quantité de cuivre ;

2<sup>o</sup>. 9 à 10 quintaux de plomb pauvre, à 3 lots et demi à 4 lots, venant des 6 pains pauvres ;

3<sup>o</sup>. 30 à 36 quintaux de résidus cuivreux, à 2 lots et demi à 3 lots d'argent au quintal ;

4<sup>o</sup>. 20 à 24 quintaux de scories du conduit, formées de plomb oxidé, particules de cuivre et charbon.

La liquation au bois se faisait dans un fourneau à réverbère, dont la sole était formée de quatre aires de liquation juxta-posées, et dont on voit le dessin dans la planche 57 de l'Atlas de M. Villefosse. Dans ce fourneau, on mettait, à chaque fois, soixante pains de liquation, savoir : seize sur chacune des deux aires le plus près du foyer, quinze sur la troisième et treize seulement sur la quatrième ou la plus éloignée du foyer. L'opération durait six à sept heures, consommait

soixante shocs de bois, et donnait 140 quintaux de plomb d'œuvre, de six à sept lots d'argent au quintal : d'où il suit que la liquation de quarante pains n'exige, par cette méthode, que quarante shocs de bois, et donne 93 quintaux un tiers de plomb d'œuvre; et si l'on compare ces résultats à ceux de la liquation au charbon de bois, on voit que les avantages de la méthode au bois sont

1°. De produire plus de plomb d'œuvre d'un même nombre de pains de liquation ;

2°. De rendre les frais de combustible beaucoup moindres, le charbon de bois valant un écu la masse, et le choc de bois huit gros seulement ;

3°. De liquater un plus grand nombre de pains dans le même temps.

Mais d'un autre côté, dans cette méthode au bois,

1°. La liquation ne se fait pas uniformément pour tous les pains; ceux les plus éloignés du foyer ne sont pas assez échauffés, ou les premiers le sont beaucoup trop;

2°. Les résidus cuivreux sont plus difficiles à ressuer: liquatés à un plus haut degré que ceux au charbon, ils exigent, au ressuage, une haute température, qui occasionne souvent une perte en cuivre; et ces raisons ayant prévalu sur les premières, on a abandonné la liquation au bois en nature.

#### *De la coupellation.*

Coupellation. Le plomb d'œuvre obtenu de la liquation est soumis à la coupellation, dans le but d'obtenir l'argent contenu. Ce procédé consiste à faire

fondre le plomb et à diriger sur lui un courant d'air, qui l'oxide et le sépare de l'argent, qui, moins oxidable, se réunit au fond à son état de pureté. Les plombs d'œuvre à sept lots d'argent au quintal, venant des pains riches, sont seuls coupellés; ceux moins riches, produits des pains pauvres, perdraient trop de plomb et servent aux rafraichissages.

On a, à l'usine de Hetstädt, quatre fourneaux de coupelle, savoir: un avec un chapeau de fer mobile, et trois avec des voûtes murillées et immobiles. Ces dernières portent, à leur sommet, une ouverture qu'on tient fermée, avec une plaque de tôle, pendant l'opération, et qu'on ouvre lorsqu'on fait la sole ou qu'on l'enlève. Ces fourneaux, construits d'ailleurs à l'ordinaire, ont dix à onze pieds de diamètre intérieur, et cinq pieds de plus grande hauteur de voûte.

On emploie pour sole de coupelle des cendres lessivées; des journaliers la mettent en tas sur une grande aire, l'étendent avec des râtaux, la battent avec des pilons de bois, enlèvent les amas qui résistent à l'écrasement, et lorsqu'elle est assez fine pour être criblée, la roulent sur l'emplacement qui lui est destiné près des fourneaux.

Le coupelleur la crible ensuite lorsqu'il veut s'en servir, et la mêle avec moitié de débris d'ancienne sole, qui est exempte de plomb et qu'il a aussi criblée. Pour une sole de coupellation, il faut dix-huit boisseaux de cendres.

Ces cendres, étant préparées et arrosées d'autant d'eau qu'il en faut pour leur donner du liant, on l'introduit par parties dans le fourneau, et le coupelleur l'étend par assises et la bat avec le

poing et un pilon de la circonférence au centre, à chaque fois, il l'égalise; enfin il trace au couteau une rigole vers le milieu de la sole et l'ouverture pour la litharge.

Aussitôt que la sole de coupelle est préparée, on la sèche avec deux shocs et demi de bois et deux corbeilles de charbon qu'on brûle dessus. On balaie, ensuite on recouvre cette sole de paille et l'on introduit le plomb d'œuvre. On commence alors à chauffer au bois; on pousse le feu vivement, jusqu'à ce que le plomb rougisse, et en cet instant, on donne le vent. On fait faire ordinairement treize aspirations par minute à chaque soufflet. Une demi-heure après, le bain devient clair et bien liquide; on laisse alors tomber un peu le feu: bientôt la litharge se forme et commence à couler; le plomb s'oxide de plus en plus et l'argent se concentre.

L'ouvrier doit maintenir le vent uniforme, donner un feu ménagé; car, trop élevé, il se brûlerait une quantité notable de plomb et d'argent; enfin faire écouler continuellement la litharge de manière qu'il en reste toujours une couronne de neuf à douze pouces autour du bain.

Lorsque les dernières parties de plomb sont oxidées, et que le culot d'argent se montre, on le refroidit aussitôt, on le sort du fourneau et on le livre à l'officier de l'usine. La sole est aussi enlevée et mise à part avec la litharge pour être repassées l'une et l'autre dans la fonte des scories.

Dans une coupellation, on introduit 80 à 82 quintaux de plomb d'œuvre, qui, dans quatorze à quinze heures, consomment 32 à 34 shocs de bois et donnent, 1<sup>o</sup>. quarante à quarante-deux marcs d'argent à quatorze lots, 2 quintes d'ar-

gent pur par marc; 2<sup>o</sup>. 60 à 64 quintaux de litharge à quatre-vingt-six à quatre-vingt-huit livres de plomb par quintal, et un demi-lot d'argent; 3<sup>o</sup>. 30 à 32 quintaux de sole à soixante-quatorze à soixante-seize livres de plomb.

Pour ce travail, on a trois ouvriers: le maître, l'aide, et le garçon pour fournir le bois; le maître et son aide se relèvent.

Pour une coupellation, on compte au maître quatre postes à six gros, savoir: un pour le criblage de la cendre, un pour la préparation de la sole et deux pour la coupellation proprement dite. L'aide reçoit au contraire trois postes à cinq gros trois liards, savoir: un pour mélange de la cendre et deux pour coupellation; enfin, le garçon reçoit deux postes à quatre gros.

Lorsque le débit est abondant, on fait, par semaine, deux coupellations dans un même fourneau.

#### *Du raffinage de l'argent.*

L'argent obtenu à la coupellation, retenant encore un peu de plomb et de cuivre, et n'étant pas assez fin pour la monnaie, il faut le soumettre à l'opération du raffinage, dans laquelle on volatilise, oxide et scorifie ces parties étrangères.

Ce raffinage s'exécute, à Hetstädt, dans un têt fait de cendres lessivées, qu'on pose sous la buse d'un soufflet de bois. Ce têt se forme ainsi: dans un vase de tôle qui a douze pouces de largeur et huit pouces de hauteur, on pile la cendre de manière à le remplir; ensuite on y forme au couteau un creux de grandeur convenable.

Le têt étant disposé près des soufflets, on

Raffinage de l'argent.

l'échauffe avec des charbons. Pendant ce temps-là, on chauffe au rouge les culots des deux coupellations, au milieu de charbons enflammés, et lorsqu'ils sont au point que le poussier de charbon, qu'on jette sur eux, s'enflamme subitement, on les prend à la pince et on les divise, au marteau, en morceaux de trois à six pouces carrés.

Alors on met du papier dans le têt, puis les morceaux d'argent, de manière qu'aucun ne dépasse les bords, puis enfin de petits charbons sur le tout. On laisse ces charbons s'allumer peu-à-peu et l'argent rougir. Au bout de trois quarts d'heure, l'argent étant rouge, on donne le vent, et on entretient de charbons jusqu'à ce qu'il y ait fusion complète. Alors, lorsque le bain est assez chaud pour pouvoir retirer les charbons sans risque de le refroidir, ce que l'on reconnaît quand rien ne s'attache à un fer tourné en spirale qu'on y plonge, on retire ces charbons et on recouvre le têt de longs et gros charbons. Le vent donnant sur la surface du bain, qu'on agite constamment, on voit le plomb se volatiliser, s'oxyder et former des scories qu'on enlève avec précaution. Dans l'espace de trois quarts d'heure, l'argent est purifié. La première marque de cet état est dans la surface du bain, qui devient miroitante; une seconde est dans cette propriété de l'argent, de former au bout de la verge de fer, qu'on introduit d'environ un quart de pouce et retire subitement, un bouton qui se répand bientôt de tous côtés. Lorsqu'il montre ces caractères, on enlève les charbons peu-à-peu, et on finit de le refroidir en jetant de l'eau dessus; ensuite on l'enlève du têt, à l'aide de ciseaux et de pinces, et on l'approprie; enfin on découpe deux petites

écailles à la partie supérieure et inférieure pour s'assurer de son degré de pureté. Ces écailles sont laminées et les feuilles coupées en petits morceaux, on en pèse exactement deux marcs, qu'on introduit sous la moufle d'un fourneau à coupelle, dans deux petits têts auxquels on ajoute du plomb. Les deux essais doivent correspondre et donner, si l'argent est bien affiné, quinze lots trois quintes d'argent pur chacun.

Le raffinage de l'argent a lieu devant un officier de mine; un jeune homme, à ses ordres, conduit le travail et reçoit quatre gros par poste.

Pour un raffinage de quatre-vingt-quatre à quatre-vingt-six marcs d'argent de coupellation, on use une demi-masse à trois quarts de masse de charbon, et on retire ordinairement soixante-seize à soixante-dix-sept marcs d'argent fin.

#### *Du ressuage.*

Dans ce travail, on opère l'oxydation et la séparation des métaux étrangers contenus dans les résidus cuivreux, de la manière qui soit la plus convenable possible, soit pour reproduire ces métaux, soit pour rendre le cuivre plus pur et plus propre à être affiné et à exiger la moindre quantité de combustible.

Les métaux étrangers au cuivre qu'il faut oxyder sont le plomb avec argent, le nickel, le fer et le cobalt. On doit, dans cette opération, produire un bon courant d'air, exposer les résidus cuivreux de manière qu'ils en soient atteints de tous côtés; enfin chauffer avec du bois plutôt qu'avec du charbon, qui absorberait une partie de l'oxygène de l'air.

Ressuage  
des résidus  
cuivreux.

Le fourneau de ressuage dont on se sert à Hetstätt forme un carré de onze pieds, entouré de murailles de trois côtés et recouvert d'une voûte. La sole, faite de brique, et inclinée d'un pied vers le devant jusqu'au niveau du sol de l'usine, porte six bancs ou murailles, entre lesquelles sont des intervalles où les matières coulent sur la sole et se rendent hors du fourneau. Sur la face de derrière, sont plusieurs ouvertures pour le dégagement de la fumée et la conduite du feu. (Voyez l'Atlas de M. de Villefosse, planche 57, fig. 12 à 14.)

On charge ordinairement dans ce fourneau 150 à 200 quintaux de résidus cuivreux venant des rafraichissages, 150 à 100 quintaux de résidus provenant des fontes et refontes des scories, et enfin environ 20 quintaux de cuivre noir impur venant de la fonte des crasses d'affinage.

On dispose ces résidus sur les bancs de ressuage, de manière que ceux d'un banc s'appuient contre ceux de l'autre, et on met les plus gros en dessous et les plus petits en dessus. Le fourneau étant plein, on ferme la face antérieure par une paroi mobile, qu'on abaisse au niveau des bancs.

On donne alors le feu avec des bois fendus, qu'on introduit dans les intervalles laissés entre ces bancs; sa conduite présente trois périodes: dans la première, où l'on donne un petit feu pour échauffer les masses, on commence d'abord par échauffer celles antérieures, en avançant peu le combustible dans les conduits et tenant les ouvertures d'air bouchées; ensuite on débouche ces ouvertures et on porte le feu sous les masses du milieu; enfin on bouche de nouveau ces ouvertures, et on donne le feu aux masses postérieure-

res. Il faut ordinairement quatre à cinq heures pour porter au rouge tous ces résidus: alors commence la seconde période, dans laquelle on donne un demi-feu, et pendant laquelle se fait le suintage des masses; enfin, dans la troisième période, on donne un grand feu pour faire suinter les dernières parties.

Les produits de ce ressuage sont des scories (*darr-schlacke*) formées d'un mélange de charbon, plomb, fer oxidé, etc., qu'on repasse. Elles sont retirées des canaux toutes les deux heures, à l'aide de ringards en fer. Les premières sont très-plombifères et noirâtres pendant le petit et le demi-feu, tandis que celles du plein feu sont de plus en plus rougeâtres et chargées de cuivre.

Les carcasses (*darrlinge*) qui restent dans le fourneau sont retirées aussi rapidement que possible, avant qu'elles ne soient entièrement refroidies, et jetées dans un baquet d'eau. Celles qu'on ne peut enlever ainsi sont brisées et retirées par parties: toutes sont d'ailleurs recouvertes, à la surface, d'une croûte de métaux oxidés, d'un aspect noir grisâtre, que des journaliers font tomber avec des marteaux, et qu'on nomme *pickshiefer*.

Enfin des soles de fourneaux (*darrsohle*), qui contiennent une proportion notable d'argent, sont pour cela mises à part et fondues, avec un mélange de résidus de lavage aussi argentifères, dans un fourneau analogue à celui de rafraichissage. De cette fusion on retire des scories, qu'on repasse dans la fonte des scories riches, et un produit plombo-argentifère, qu'on passe dans les coupellations par parties d'un quintal et demi.

Un ressuage dure ordinairement dix-huit heures, et occupe deux ouvriers, qui reçoivent chacun vingt gros : pendant ce temps, on brûle sept cordes de bois fendu.

De 320 quintaux de résidus cuivreux, on retire les produits suivans :

1°. 180 à 200 quintaux carcasses, à 3 à 3 un quart lots d'argent, 40 à 60 livres cuivre, 40 à 70 livres plomb au quintal;

2°. 60 à 70 quintaux scories, à 21 livres cuivre et 30 livres plomb au quintal;

3°. 7 à 8 quintaux soles, à 2 lots d'argent, 33 livres cuivre, et 80 livres plomb ;

4°. . . . . écailles.

#### *Raffinage du cuivre.*

Raffinage  
du cuivre.

Cette opération consiste à achever l'oxidation et la scorification des métaux étrangers au cuivre. A cet effet, on amène le cuivre à un état de fluidité parfait, et on dirige dessus un bon courant d'air, qui oxide le plomb, le nickel, le cobalt et une partie du fer.

A l'usine de Hetstädt, on exécute l'affinage en petites masses, qu'on préfère à celui en grandes masses pour les raisons suivantes :

1°. Dans l'affinage, en petites parties, on est plus maître de diriger l'opération ;

2°. Les petites rondelles qu'on obtient sont plus commodes à peser et transporter ;

3°. Les soufflets peuvent agir avec plus de force ;

4°. Dans le travail du cuivre avec les charbons, ce métal est préservé davantage de l'oxidation.

L'usine de Hetstädt possède deux doubles aires d'affinage : chacune de ces aires est profonde de

dix pouces et a dix-huit pouces de diamètre ; elle est faite d'une brasque légère, formée de cinq parties d'argile et d'une partie de charbon. La forme, qui reçoit les buses de deux grands soufflets en bois, est faite de cuivre forgé ; elle plonge de quinze degrés et saille fortement dans l'aire.

L'aire étant chauffée avec quelques charbons enflammés, on la remplit entièrement de charbons, sur lesquels on place trois quarts de quintal des carcasses de cuivre qu'on veut affiner ; on a soin de laisser entre ces carcasses et la forme un intervalle de huit à neuf pouces, quel'on remplit de charbon, afin que les soufflets ne frappent pas immédiatement sur le cuivre. On recouvre ensuite ces carcasses elles-mêmes de charbons, et on donne le vent. On fait faire à chaque soufflet vingt aspirations par minute. Le cuivre ne tarde pas à fondre et à se rendre dans le bassin d'affinage, et au fur et à mesure on en remet d'autre, qu'on recouvre toujours de charbon, jusqu'à ce que l'aire soit remplie de ce cuivre fondu.

Le courant d'air, plongeant dans le bain, oxide et scorifie le plomb, le cobalt, le nickel, le fer et le peu de terre retenu par le cuivre ; ces scories se portent à la surface, on les fait couler au-delà de l'aire, et on les met à part. Les premières sont noirâtres, chargées de plomb ; les dernières s'approchent de plus en plus du rouge de cuivre ; on doit alors saisir le point de l'affinage.

On prend, à cet effet, une verge de fer cylindrique, qu'on introduit, par la forme, dans le bain, d'où on la retire avec rapidité. D'abord la partie de matière qui s'attache au fer paraît

gris noirâtre, cassante et d'un jaune faible intérieurement; ensuite elle devient gris bleuâtre, plus mince, moins cassante et plus jaune; enfin, après peu de temps, elle prend une couleur rouge purpurine, devient très-fine, a une cassure dentelée, et se montre sous forme d'exubérances plus ou moins grandes, qui coulent de tous côtés, et finissent par se réunir en un petit bouton. A cet instant, l'opération est terminée; on recule les soufflets, on enlève les charbons, et on retire le cuivre, en rondelles, au moyen d'aspersions successives.

Lorsqu'on remarque dans le bain, ou à la surface des rondelles, des parties très-colorées, c'est un signe qu'il y a du cuivre qui s'est oxidé. On remédie alors à cet inconvénient en y plongeant un morceau de cuivre brut; car les métaux étrangers contenus dans ce dernier s'emparent de l'oxygène du premier.

Un affinage, dans lequel on passe ordinairement 2 quintaux un quart de résidus cuivreux, dure environ trois quarts d'heure, et donne un quintal et demi de cuivre pur, en trente-six rondelles, et trois quarts de quintal de crasses ou scories.

Dans six affinages, qu'on fait immédiatement les uns après les autres, et où l'on passe 14 quintaux de résidus cuivreux, on obtient 9 et demi à 10 quintaux de cuivre pur et 4 et demi à 5 quintaux de scories. On brûle sept à huit masses de charbon; la durée est de cinq heures à cinq heures et demie.

Deux ouvriers sont occupés à ce travail: un maître, qui reçoit cinq gros et demi, et son aide, qui n'a que cinq gros.

*Fusion des scories de liquation et autres.*

Dans cette opération, on traite, comme nous l'avons dit plus haut, les scories de rafraîchissement et de liquation, les cendres et litharges de coupellation, ainsi que les scories et écailles de ressuage, toutes matières plus ou moins oxidées qu'il s'agit de réduire.

Fusion des scories, soles, etc.

Le fourneau dont on se sert ici a quatorze pieds de hauteur, deux pieds six pouces de largeur postérieure, un pied six pouces de largeur antérieure, et trois pieds de profondeur; il est construit en grès. Sa sole est faite d'une pierre de grès, inclinée de six pouces, sur laquelle on met une couche de quatre pouces de brasque, formée d'une partie d'argile et trois parties de charbon. La forme est à vingt-deux pouces de la sole, et a un pouce et demi d'inclinaison; le bassin de réception a douze pouces de diamètre et quinze pouces de profondeur: d'un côté, il touche à un plan incliné pour l'écoulement des scories, et, de l'autre, communique à un bassin de percée, qui n'est autre chose qu'une bassine de fer.

Les lits de fusion, qu'on passe à ce fourneau, ont la composition suivante:

	Brouettes.	quintaux.
Scories de rafraîchissement . . . . .	4	8
Litharge . . . . .	5	10
Sole de coupelle . . . . .	3	6
Scories de liquation . . . . .	10	20
Scories du ressuage . . . . .	2	4
Écailles de ressuage . . . . .	$\frac{1}{2}$	1
Schlich des débris de fourneau . . . . .	1	2
Scories riches des fusions antérieures . . . . .	9	18
Cuivre noir pauvre . . . . .	»	1
Total . . . . .		70

Le fourneau étant échauffé, on charge d'abord un foudre (48 quintaux) de scories riches, pour le mettre en train, puis on passe le mélange ci-dessus; on charge le minerai dans les coins de la face de derrière et les charbons sur le devant. Ordinairement une charge se compose de six à huit auges de minerai, à cinq huitièmes de quintal, et une corbeille de charbon (deux pieds cubes un tiers); on donne aux soufflets quatorze aspirations par minute. On fond au nez, qu'on entretient de six à huit pouces de longueur.

La masse fondue se rend par l'œil dans le bassin de réception, où la scorie se porte à la surface et s'écoule sur le plan incliné, tandis que le plomb, uni au cuivre et à l'argent, s'amasse de plus en plus au fond. Aussitôt que ce bassin est plein de métal, on fait la percée.

Un lit de fusion passe en cinq à six heures, et donne 20 quintaux de scories dites *riches*, qui tiennent quarante-deux livres plomb au quintal, et quinze pains plumbeux, qu'on liquate sur deux aires de liquation avec six masses de charbons tendres, et d'où on retire 24 quintaux de plomb pauvre à deux à trois lots d'argent au quintal, et 4 quintaux de résidus cuivreux.

De trois rafraichissages et des opérations qui en sont la suite, il résulte des produits pour quinze lits de fusion de scories, d'où on retire par conséquent deux cent vingt-cinq pains, donnant 360 quintaux de plomb pauvre, qu'on passe au rafraichissage, et 60 quintaux de cuivre. On brûle, d'ailleurs, avec quinze lits de fusion un foudre trois masses de charbon (quinze masses).

Dans ce travail, on a trois ouvriers, qui sont les

mêmes que ceux chargés du rafraichissage, et dont la paie est aussi la même.

Les scories riches obtenues sont repassées quatre fois au même fourneau, immédiatement après les lits de fusion, et sans interruption.

Dans la première refonte de ces scories, on fait le mélange suivant :

Scories riches. . . . .	16 brouettes.	32 quintaux.
Scories de crasses. . . . .	6	12
Scories des soles de res- suage. . . . .	2	4

Total. . . . . 48 q<sup>r</sup>. ou 1 foudre.

On entretient encore ici un nez de six pouces; mais on ne donne aux soufflets que sept aspirations par minute, parce que la masse est plus réfractaire, et on charge deux corbeilles de charbon (quatre pieds cubes deux tiers) avec huit à neuf auges (deux quintaux un quart) de scories mélangées.

On passe ici deux foudres en vingt-quatre heures, et on obtient quatre pains métalliques de 2 quintaux un quart chacun, à quatre-vingts livres de plomb au quintal, et 80 quintaux de deuxièmes scories, qui tiennent vingt livres de plomb par quintal. Les pains métalliques liquatés, seuls, donnent un plomb pauvre, d'un à deux lots au quintal.

Les deuxièmes scories sont repassées au fourneau, avec addition de fer et de fluat de chaux, dans la proportion de 2 quintaux sur 48 quintaux de scories. L'opération est menée de même que précédemment, à l'exception qu'on diminue un peu les charges en minerai. On obtient de nouveaux pains plumbeux, à soixante-dix livres de plomb, qu'on liquate, et de troisièmes scories, qui tiennent, par quintal, environ dix livres de plomb.

Ces troisièmes scories, refondues avec la même addition de fer et de fluatée de chaux, donnent des pains plumbeux à soixante livres au quintal, et de quatrièmes scories, qui ne tiennent plus que cinq à six livres de plomb.

Enfin ces dernières, étant trop pauvres pour être fondues seules avec avantage, sont mélangées avec poids égal de schistes cuivreux pauvres et une petite quantité de chaux fluatée. Elles donnent une matte de cuivre plumbeux, à laquelle on fait subir toutes les opérations que nous avons décrites pour la matte brute, et une scorie pauvre, de deux à quatre livres de plomb au quintal, qui est rejetée.

*Fusion des crasses d'affinage du cuivre.*

Fusion des crasses d'affinage du cuivre.

Les crasses obtenues à l'affinage du cuivre, contenant encore une partie notable de ce métal, qui lui est mélangé mécaniquement et chimiquement, on doit les soumettre à une fusion au four à manche, pour les réduire.

Le fourneau où on les passe est semblable à celui du rafraichissage, avec cette différence qu'il est plus profond de quatre pouces. La forme, comme celle de tous les fourneaux à réduction, est de fer fondu; elle a un pouce d'inclinaison, et repose à dix-sept pouces de la pierre de sole, qui est elle-même inclinée de six pouces, et recouverte d'une couche de brasque épaisse de quatre pouces.

On charge, à ce fourneau, les crasses d'affinage avec des scories de la troisième fonte de l'opération précédente. Ces scories étant employées comme moyen de fusion, on en prend une quantité déterminée par le plus ou moins de fusibilité des crasses; quand elles sont assez fusibles ou

ajoute des scories venant de la fusion des précédentes crasses d'affinage. On charge toujours les crasses et scories sur le derrière et les charbons sur le devant. On fond au nez; il doit être long de six pouces, et les soufflets doivent faire quatorze aspirations par minute.

On perce toutes les deux heures, et on obtient 1<sup>o</sup>. des scories, qui contiennent encore une portion considérable de plomb et un peu de cuivre, et que pour cela on passe avec les scories riches; 2<sup>o</sup>. des masses cuivreuses, mélangées de plomb, nickel, cobalt et fer: celles-ci vont au ressuage, et de là au raffinage; mais comme elles sont très-chargées de nickel, et que ce métal rend le cuivre très-cassant, on n'en affine jamais que de petites parties à-la-fois.

Pour la fusion de 100 quintaux de crasses d'affinage, on emploie soixante-douze heures, on brûle vingt masses de charbon, et on obtient 20 à 24 quintaux de masses cuivreuses, et 70 quintaux environ de scories. La main-d'œuvre s'élève à un écu six gros.

*Bocardage et lavage des débris de fourneaux.*

Les débris de fourneaux retirés des différentes fusions, contenant une assez grande proportion de métal pur ou oxidé disséminée mécaniquement dans leurs masses, méritent encore d'être traités; mais comme ils contiennent encore une plus grande quantité de terre, qui les rendrait très-réfractaires, et occasionnerait une grande dépense en combustible, il faut préalablement chasser la plus grande partie possible de ces terres: c'est ce qu'on fait par le bocardage et le lavage. Les schlichs qu'ils donnent vont ensuite, sous le nom de résidus de lavage, partie dans la

Bocardage et lavage des débris de fourneaux.





TABLEAU GÉNÉRAL

Exprimé en mesures françaises.

Districts.	Extraction annuelle.	Cuivre obtenu.	Valeur du quintal métrique.	Argent obtenu.	Valeur du marc.	FRAIS				Total des frais.	Bénéfice par qu. métr.
						d'extraction.	de fonte.	de liquation.	de $\frac{1}{50}$ au roi.		
Sangerhausen.	q. mét. 39,696	q. mét. 453	fr. c. 262 60	»	»	fr. c. 150 10	fr. c. 75 »	fr. »	fr. 15	fr. c. 240 10	fr. c. 22 50
Mansfeld....	q. m. 225,104	q. m. 5,063	fr. c. 262 60	mar. 9,500	fr. 56	fr. c. 101 30	fr. c. 116 30	fr. 45	fr. 15	fr. c. 277 60	fr. c. 90 »

## EXAMEN

*De quelques produits des usines à cuivre de Mansfeld;*

Par M. P. BERTHIER, ingénieur des mines.

LES produits que j'ai examinés font partie de la collection métallurgique que M. Manès a déposée dans le cabinet de l'École des mines. Ils proviennent des opérations dont il a été le témoin et qu'il a décrites dans son Mémoire sur les mines de Mansfeld.

*Minerais.* Les minerais de Mansfeld sont des schistes argilo-calcaires, très-bitumineux, qui contiennent du cuivre pyriteux, du cuivre sulfuré, et quelques minerais de cobalt argentifères très-disséminés: ils sont noirs, à cassure inégale et grenue; ils font une vive effervescence avec les acides. Lorsqu'on les chauffe en vases clos, ils donnent de l'eau, des huiles bitumineuses et du soufre; par le grillage, ils exhalent une odeur de bitume et d'acide sulfureux, et ils deviennent d'un brun rougeâtre clair. Si on les calcine fortement après les avoir grillés, ils perdent environ le cinquième de leur poids. Leur composition est très-variable; on en jugera par les analyses suivantes, faites sur trois échantillons différens.

On a trouvé dans le minerai cru :

Silice . . . . .	0,400
Alumine . . . . .	0,107
Chaux . . . . .	0,108
Magnésie . . . . .	0,033
Soufre... . . . .	0,021
Cuivre métallique . . . . .	0,021

## EXAMEN DE QUELQUES PRODUITS

Fer métallique . . . . .	0,018
Oxide de fer . . . . .	0,050
Potasse . . . . .	0,020
Eau et bitume . . . . .	0,103
Acide carbonique . . . . .	0,119
	<hr/>
	1,000

ou

Silice . . . . .	0,400
Alumine . . . . .	0,107
Oxide de fer . . . . .	0,050
Carbonate de chaux . . . . .	0,195
Carbonate de magnésic . . . . .	0,065
Cuivre pyriteux . . . . .	0,060
Potasse . . . . .	0,020
Eau et bitume . . . . .	0,103
	<hr/>
	1,000

Ce minerai fond très-bien au creuset brasqué, sans addition : 16 g. de minerai grillé et calciné, provenant de 20<sup>g.</sup> de minerai cru, ayant été traités de cette manière, ont donné :

Grenailles métalliques . . . . .	0 <sup>g.</sup> 84
Scories . . . . .	14,06
	<hr/>
	14,90

Les grenailles métalliques étaient formées, d'une matre cuivreuse et ferreuse magnétique; la scorie était compacte, sans bulles, vitreuse, noirâtre, translucide et très-tenace; elle devait être composée à-peu-près comme il suit :

Silice . . . . .	0,590
Alumine . . . . .	0,150
Chaux . . . . .	0,150
Magnésie . . . . .	0,045
Oxide de fer . . . . .	0,040
Potasse . . . . .	0,025
	<hr/>
	1,000

On a essayé de rechercher, par la voie sèche, l'argent que contient le minerai. Pour cela, on l'a scorifié avec 4 parties de plomb et un quart de partie de borax vitrifié : l'opération a très-bien réussi; mais on a trouvé que la quantité d'argent était trop petite pour pouvoir être appréciée.

Deux minerais, grillés en grand, ont été trouvés composés de

	N <sup>o</sup> . 1.	N <sup>o</sup> . 2.
Silice . . . . .	0,506	0,438
Alumine . . . . .	0,234	0,172
Magnésie . . . . .		
Chaux . . . . .	0,078	0,180
Oxide de cuivre . . . . .	0,028	0,025
Oxide de fer . . . . .	0,090	0,072
Soufre . . . . .	0,040	0,024
Perte par calcination . . . . .	0,008	0,060
	<hr/>	<hr/>
	0,984	0,971

La présence du soufre prouve que le fer et le cuivre sont, pour la plus grande partie, à l'état de sulfures dans les minerais grillés, et que le grillage n'a par conséquent pour effet que d'expulser le bitume et une partie de l'acide carbonique. D'après cela, j'ai peine à concevoir l'utilité de cette opération; on prétend cependant qu'elle est nécessaire pour que le minerai puisse fondre au fourneau à manche.

Les minerais grillés sont passés au fourneau à manche avec addition de fluat de chaux, dans la proportion du septième au seizième de leur poids : il en résulte des scories, des mattes et des lous ferreux.

*Scories.* Les scories sont vitreuses, translucides, d'un vert foncé presque noir et quelquefois nuancé de bleu : elles contiennent,

Silice. . . . .	0,498
Alumine. . . . .	0,122
Chaux. . . . .	0,192
Magnésie. . . . .	0,024
Protoxide de fer. . . . .	0,132
Acide fluorique. . . . .	0,012
Perte et alcali . . . . .	0,020

1,000

Lorsque l'on chauffe du fluat de chaux avec des silicates terreux, il se produit deux effets : 1°. une portion du fluat se combine avec les silicates et peut déterminer leur fusion ; 2°. une autre portion se décompose en réagissant sur les silicates ; il se dégage du gaz fluosilicique, et la chaux qui provient de la portion décomposée reste avec les autres substances, dont elle augmente la fusibilité. Le fluat de chaux est donc un fondant très-énergique, qu'on peut employer avec grand avantage, sur-tout pour traiter des matières dans lesquelles la silice se trouve en excès. L'usage qu'on en fait pour fondre les minerais de Mansfeld est bon sans doute ; mais comme ces minerais ne renferment pas une très-grande proportion de silice, je crois qu'on pourrait se dispenser d'y ajouter du fluat de chaux, en remplaçant cette substance par une quantité équivalente de *castine* ordinaire.

*Première matte.* Les mattes qui proviennent de la fusion du minerai sont compactes et d'un noir brunâtre ; elles contiennent,

Cuivre. . . . .	0,586	ou sulfure de cuiv.	0,77
Fer. . . . .	0,132	sulfure de fer. . .	0,21
Soufre. . . . .	0,232		
Sable. . . . .	0,006		
	<hr/>		
	0,956		<hr/>
			0,98

La perte, dans l'analyse, porte principalement sur le cuivre ; ce métal est tout entier à l'état de sulfure dans la matte.

*Loups.* Les loups qui se forment dans les fourneaux de Mansfeld ressemblent à de la fonte : on y a trouvé,

Fer. . . . .	0,894
Cobalt. . . . .	0,078
Cuivre. . . . .	0,020
Soufre. . . . .	0,018

1,010

Tout le cobalt que renferment les minerais s'accumule dans cette substance, puisqu'on n'en trouve ni dans les scories ni dans les mattes.

*Mattes grillées.* Lorsque les mattes éprouvent une désulfuration complète par le grillage, ce qui est rare, elles se transforment en masses lamelleuses, d'un rouge foncé, très-magnétiques, composées de

Protoxide de cuivre. . . . .	0,720
Deutoxide de fer. . . . .	0,138
Matières terreuses. . . . .	0,138

0,996

Les mattes grillées sont fondues au fourneau à manche, et produisent des scories, de nouvelles mattes et du cuivre noir.

*Scories du traitement des mattes grillées.* Ces scories sont compactes, pesantes, noires et magnétiques ; elles ressemblent à des scories de forges, elles contiennent,

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.