

Il existe quinze à vingt usines à cuivre (1) dans le Sud du pays de Galles : elles sont en général situées le long de la côte, depuis Swansea jusqu'un peu au-dessus de Neath ; mais ces deux villes sont les deux centres autour desquels sont

(1) Nous joignons ici un tableau de la quantité de cuivre qui a été mise dans le commerce par les différentes compagnies, dans les années 1818 et 1822.

La tonne anglaise équivaut à 1015 kilogrammes.

	1818.		1822.	
	Tonn.	Kilogram.	Tonn.	Kilogram.
William Greenfell and company...	1,380	1,400,700	2,103	2,134,545
Vivian and sons and company...	1,438	1,459,570	2,145	2,177,175
Daniel and comp <sup>y</sup> .	953	967,295	1,639	1,663,585
Birmingham company. . . . .	852	864,780	1,042	1,057,630
Crown company.	810	822,150	1,257	1,275,855
Rose company...	692	702,380	98	99,470
Cornish company.	301	305,515	320	324,800
Bristish company.	394	399,910	"	"
Freeman and company. . . . .	374	379,610	504	511,560
Mine royal comp <sup>y</sup> .	198	200,970	616	625,240
English company.	140	142,100	"	"
Brass wire comp <sup>y</sup> .	93	94,395	"	"
Fox Villiams and company. . . . .	"	"	580	588,700
Anglesey, comp <sup>y</sup> ..	570	578,550	738	749,070
TOTAUX...	8195	8,317,925	11,042	11,207,630

groupés la plupart de ces établissemens. Leur proximité de la mer, et leur position sur les rivières navigables de Swansea et de Neath, rendent très-économique leur approvisionnement, ainsi que l'expédition de leurs produits.

Outre ces usines du Sud du pays de Galles, on fond encore le cuivre dans l'île d'Anglesey, et à Whiston, près Kingley, dans le Staffordshire. La fonderie de l'île d'Anglesey a chômé pendant long-temps ; les travaux n'ont été remis en activité que depuis quelques années.

La concentration des usines sur un même point a fait adopter une méthode assez uniforme, et a puissamment contribué au perfectionnement du travail du cuivre.

Cette méthode consiste en une suite de grillages, de fontes et de rôstissages exécutés sur les minerais et les mattes qui en proviennent. Avant d'entrer dans les détails de ces différentes opérations, nous pensons qu'il est utile de donner la description des fourneaux dans lesquels on les exécute.

#### Fourneaux employés.

Ces fourneaux sont à réverbère ; ils varient dans leurs dimensions et dans le nombre d'ouvertures dont ils sont percés, suivant les opérations auxquelles ils sont destinés.

Ils sont de cinq espèces :

- 1<sup>o</sup>. Fourneau de grillage (*calcining furnace* ou *calciner*) ;
- 2<sup>o</sup>. Fourneau de fusion (*melting furnace*) ;
- 3<sup>o</sup>. Fourneau de rôstissage (*roasting furnace* ou *roaster*) ;
- 4<sup>o</sup>. Fourneau de raffinage (*refining furnace*) ;
- 5<sup>o</sup>. Fourneau de chaufferie.

1<sup>o</sup>. Fourneau de grillage. (Pl. II, fig. 1, 2 et 3).

§ 94. — Le plan de ce fourneau présente deux rectangles. Le premier comprend le fourneau proprement dit ; le second, qui semble être une appendice, renferme la chauffe.

Ces fourneaux reposent sur une arche, dans laquelle on fait tomber le minerai grillé ; ils sont entièrement construits en briques, et pour qu'ils puissent résister à l'action de la chaleur, ils sont armés en fer, ainsi qu'on le voit dans l'élevation, fig. 1.

La sole présente à-peu-près la forme d'une ellipse tronquée aux deux extrémités de son grand axe ; elle est horizontale, construite en briques infusibles placées de champ, et pouvant se défaire et se réparer sans altérer la voûte sur laquelle elle repose. Elle est percée de trous *a* (fig. 3), placés au-devant de chaque porte, et servant à faire tomber le minerai grillé dans l'arche.

Les dimensions de la sole varient de 5<sup>m</sup>,20 à 5<sup>m</sup>,80 (17 à 19 pieds anglais) en longueur, et de 4<sup>m</sup>,30 à 4<sup>m</sup>,09 (14 à 16 pieds) en largeur.

Le foyer varie de 1<sup>m</sup>,40 à 1<sup>m</sup>,55 (4 pieds et demi à 5 pieds) dans un sens, sur 0,92 dans l'autre (3 pieds).

Le mur, ou pont de la chauffe qui sépare le foyer de la sole du fourneau, a 0<sup>m</sup>,61 d'épaisseur (2 p<sup>cs</sup>). Dans l'usine de M. Vivian, le mur est traversé par un canal longitudinal, qui est en communication à ses deux extrémités avec l'air extérieur, et qui l'amène sur la sole du fourneau. Nous indiquerons cette disposition d'une manière plus détaillée en décrivant le fourneau de rôtissage.

La voûte du fourneau s'abaisse depuis le pont

de la chauffe jusqu'à la cheminée ; sa hauteur au-dessus de la sole est de 0<sup>m</sup>,65 au premier point, et de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,30 au second.

Ces fourneaux ont quatre ou cinq portes : une pour la chauffe, trois ou quatre pour le travail. Lorsqu'il y en a trois, deux sont placées sur une face longitudinale, et la troisième sur l'autre. Dans l'autre cas, il existe deux portes sur chaque côté, placées en regard les unes des autres. Ces ouvertures ont 0<sup>m</sup>,30 de côté ; leurs contours sont en fonte.

La cheminée est placée à l'angle du fourneau, ce qui exige qu'il y ait un tuyau incliné qui la mette en communication avec le fourneau. Elle peut avoir de 6<sup>m</sup>,50 à 8<sup>m</sup> de hauteur.

Pour charger le minerai, il existe ordinairement à la partie supérieure de la voûte du fourneau deux trémies placées vis-à-vis des portes ; elles sont composées de quatre plaques de fer, et sont supportées par des châssis en fer ; elles ont des dimensions correspondantes aux volumes des charges. Au-dessous de chaque trémie, la voûte est percée d'un trou, qui permet au minerai de descendre sur la sole.

Ces fourneaux servent au grillage du minerai et au grillage des mattes. Quelquefois pour le grillage des mattes, on emploie des fourneaux à deux étages : dans ce cas, leurs dimensions sont un peu moindres que celles des fourneaux ci-dessus décrits. Deux portes correspondent à chaque sole, et pour que les ouvriers puissent travailler à l'étage supérieur, on a pratiqué un pont mobile en bois.

2<sup>o</sup>. Fourneau de fusion. (Pl. II, fig. 4 et 5.)

§ 95. — La forme de la sole est également

ellipsoïdale ; mais leurs dimensions sont plus petites que celles des fourneaux de grillage. La longueur n'excede pas 3<sup>m</sup>,37 à 3<sup>m</sup>,42 (11 pieds à 11 pieds  $\frac{1}{2}$  anglais), et leur largeur varie de 2<sup>m</sup>,30 à 2<sup>m</sup>,45 (7 et demi à 8 pieds anglais).

Le pont de la chauffe est également un mur en brique, de 0<sup>m</sup>,61 d'épaisseur. La chauffe est en proportion plus grande que dans les fourneaux de grillage, les dimensions étant de 1<sup>m</sup>,07 à 1<sup>m</sup>,22 (3 pieds et demi à 4 pieds) de long sur 0<sup>m</sup>,92 à 1<sup>m</sup>,07 de large (3 pieds à 3 pieds et demi anglais). On donne à la chauffe cette proportion, parce qu'il est nécessaire de produire une assez haute température pour fondre le minerai : c'est aussi pour cette raison que ces fourneaux sont percés d'un petit nombre d'ouvertures.

Il n'en existe ordinairement que trois : une pour la chauffe ; une seconde sur le côté, qui est presque toujours fermée ; elle ne sert que dans le cas où l'on veut arracher des matières attachées sur la sole, ou lorsqu'on veut entrer dans le fourneau pour le réparer ; enfin, la troisième porte, placée sur le devant du fourneau, au-dessous de la cheminée, est appelée porte du travail : c'est par cette ouverture qu'on retire les scories, qu'on brasse les matières fondues, etc.

La sole est faite de sable infusible ; elle est légèrement inclinée vers la porte de côté pour faciliter la sortie du métal. Au-dessus de cette porte, il existe dans la paroi du fourneau un trou (fig. 5) destiné à faire couler le métal. Un canal en fer *O* le conduit dans une fosse *P*, au fond de laquelle existe un récipient en fonte, qui peut s'enlever au moyen d'une grue. La fosse est remplie d'eau ; le métal, en y tombant, se divise en

grenailles qui se rassemblent dans le récipient.

Ces fourneaux sont surmontés d'une trémie.

§ 96. — Quelquefois les fourneaux de fonte sont en même temps fourneaux de grillage. Nous en avons vu près de Swansea qui servaient à ce double usage ; ils sont composés de trois étages *a, b, c* (fig. 6).

Fourneaux de fonte et de grillage à trois étages.

L'étage *a* est destiné à la fonte du minéral grillé ; les deux autres, *b* et *c*, au grillage. La chaleur étant moins forte sur la sole supérieure *c*, le minéral s'y dessèche et commence à se griller ; l'opération se termine sur le second plan *b*.

Des trous carrés *d*, pratiqués dans les soles *b* et *c*, les mettent en communication entre elles et avec l'inférieure *a* ; ces trous sont tenus fermés pendant l'opération, au moyen d'une plaque de tôle qu'on place à volonté.

Les soles *b* et *c* sont faites en briques ; elles sont horizontales à leurs parties supérieures et légèrement voûtées en dessous ; leur épaisseur est celle de deux briques, 0<sup>m</sup>,30 ; leurs dimensions sont plus grandes que celles de la sole inférieure ; elles se prolongent au-dessus de la chauffe.

Aux étages destinés au grillage, le fourneau présente deux portes sur un des côtés. À l'étage inférieur, il y en a également deux ; mais elles sont disposées différemment : la première, sur le devant du fourneau, sert à retirer les scories, à brasser le métal, etc., et l'autre, sur le côté, est destinée à la réparation du fourneau : c'est au-dessous de cette porte qu'existe le trou de la coulée ; il communique, au moyen d'un canal en fonte, à une fosse remplie d'eau.

Les dimensions de ce fourneau en largeur et

en longueur sont sensiblement les mêmes que celles du fourneau de fusion décrit ci-dessus ; la hauteur est à-peu-près de 4 mètres.

On charge au moyen de deux trémies.

3°. *Fourneau de rôtissage.*

§ 97. — Les fourneaux employés dans cette opération sont en général analogues à ceux de grillage ; mais dans l'usine de Hafod, dont MM. Vivian sont les propriétaires, ces fourneaux présentent une construction particulière, qui a pour but d'introduire un courant d'air continu sur le métal, de manière à faciliter l'oxidation. Ce procédé est dû à M. Sheffield, qui en a cédé la patente à MM. Vivian.

L'admission de l'air a lieu par un canal pratiqué au milieu du pont de la chauffe (*fig. 7, Pl. II*), dans le sens de sa longueur ; il communique avec l'air extérieur par ses deux extrémités *a* et *a'* ; des trous carrés *b*, pratiqués à angle droit avec ce canal, introduisent l'air dans le fourneau.

Cette construction très-simple produit un effet puissant dans l'exécution du rôtissage. Non-seulement elle favorise l'oxidation des métaux, mais elle a aussi l'avantage de brûler la fumée, et d'aider le dégagement du soufre ; en tenant le pont froid, elle donne au fourneau une température plus uniforme.

4°. *Fourneau de raffinage.*

§ 98. — Dans ces fourneaux, analogues à ceux de fusion, l'inclinaison de la sole a lieu vers la porte du devant, au lieu d'être sur le côté : cette différence tient à ce que, dans le fourneau de raffinage, le cuivre se rassemble dans un creux pratiqué dans la sole, vers la porte du devant,

d'où on le puise avec des poches, tandis que, dans les fourneaux de fusion, le métal coule par une ouverture placée sur le côté. La sole est faite en sable ; la voûte du fourneau de raffinage doit être plus élevée que celle du fourneau de fusion : la hauteur varie entre 0<sup>m</sup>,80 à 1<sup>m</sup>. Si la voûte était trop surbaissée, il pourrait se former à la surface du métal une couche d'oxide très-nuisible à la qualité du cuivre : dans ce cas, lorsqu'on coule le métal, sa surface se fige et se crevasse ; le cuivre fondu, qui est au-dessous, se répand à la partie supérieure : cet accident, qu'on exprime en disant que le cuivre monte, empêche qu'on puisse le laminier. On est obligé de lui faire subir un nouveau raffinage, et il est nécessaire, dans ce cas, d'y ajouter du plomb pour dissoudre l'oxide de cuivre : c'est à-peu-près le seul cas où l'addition de plomb soit utile dans le raffinage (1).

La porte de côté est très-large ; elle se ferme au moyen d'un contre-poids. Cette porte étant presque toujours ouverte pendant le raffinage du cuivre, la chaleur est plus forte sur le devant du fourneau.

5°. *Fourneaux de chaufferie.*

§ 99. — Ces fourneaux, destinés à chauffer les lingots de cuivre qui doivent être laminés et les feuilles de cuivre, sont beaucoup plus longs que larges. Leur sole est horizontale, la voûte peu

(1) Lorsque le cuivre que l'on raffine est mélangé de métaux étrangers, sur-tout d'étain, comme serait celui qu'on a retiré du métal des cloches, on doit employer des fourneaux très-larges, afin que le bain métallique présente une grande surface à l'action oxidante de l'air, et que son épaisseur soit peu considérable.

surbaissée; ils n'ont qu'une porte, qui est placée sur le côté, et qui tient presque toute la longueur du fourneau; cette porte s'élève, au moyen d'un contre-poids, de la même manière que dans les fourneaux employés à la fabrication de la tôle.

*Série d'opérations que subit le minerai.*

§ 100. — Les minerais fondus dans les usines du pays de Galles sont des pyrites cuivreuses, plus ou moins mélangées de gangue.

Ces pyrites sont composées de proportions sensiblement égales de sulfure de cuivre et de sulfure de fer.

Les substances terreuses qui accompagnent ces pyrites sont le plus ordinairement siliceuses; cependant, dans quelques mines, le dépôt métallifère est mélangé d'argile ou de chaux fluatée. A ces substances, dont la réunion est assez constante, on doit ajouter l'étain et les pyrites arsenicales qui se trouvent accidentellement avec le cuivre; quoique ces métaux ne soient pas chimiquement combinés, cependant il est impossible de les séparer entièrement par la préparation mécanique.

D'après cela, on voit que les parties constituantes du minerai préparé pour la fonte, sont :

Du cuivre,	
Du fer,	
Du soufre,	
De l'étain,	} dans quelques cas,
De l'arsenic,	

et des matières terreuses.

On mélange les différens minerais de manière que la teneur moyenne soit de  $8 \frac{1}{2}$  pour 100.

§ 101. — Le procédé employé dans les usines

consiste en une alternative de grillages et de fontes (1).

Dans l'opération du grillage, les substances volatiles se dégagent en grande partie à l'état de gaz, tandis que les métaux qui ont une grande affinité pour l'oxygène passent à l'état d'oxides. Dans la fusion, les substances terreuses se combinent avec ces oxides, et forment des scories, qui se portent à la surface du bain métallique.

Ces grillages et ces fontes ont lieu dans l'ordre suivant : 1°. Grillage du minerai (*calcination of the ore*) (§ 102).

2°. Fonte du minerai grillé (*melting of the calcined ore*) (§ 103).

3°. Grillage de la matte ou du métal brut (*calcination of the coarse metal*) (§ 105).

4°. Fonte de la matte grillée (*melting of the calcined coarse metal*) (§ 106).

5°. Grillage de la seconde matte ou métal fin, produit de la quatrième opération (*calcination of the fine metal*) (§ 108).

6°. Fonte de la deuxième matte grillée (*melting of the calcined fine metal*) (§ 109).

7°. Rôtissage du cuivre noir ou cuivre brut, produit de la sixième opération (*roasting of the coarse copper*) (§ 110).

Dans quelques usines, le rôtissage se répète quatre fois. Nous décrirons cette opération à part : dans ce cas, on fait un grillage et une fonte de moins.

(1) Une grande partie des détails que nous allons donner sur ces opérations est extrait d'un mémoire sur le travail métallurgique du cuivre, publié, en 1823, dans les *Annales de philosophie*, par M. John Vivian, l'un des propriétaires de l'usine de Hafod.

Dans l'usine de Hafod, on a trouvé moyen de supprimer aussi un grillage et une fonte, sans pour cela être obligé d'augmenter le nombre des rôtissages.

8°. Raffinage du cuivre (*refining or toughening*) (§ 111).

Outre ces opérations, qui composent le traitement du cuivre proprement dit, on en exécute souvent deux autres, dans lesquelles on ne fond que des scories. Nous les désignerons par *a* et *b*.

*a*. Refonte de la portion des scories de la deuxième opération, qui contiennent des grenailles métalliques (§ 104).

*b*. Fonte particulière des scories de la quatrième opération. Cette fonte, qui a pour but de concentrer le cuivre que contiennent les scories, ne s'exécute pas dans toutes les usines (§ 107).

*Première opération. — Grillage du minerai.*

§ 102. — Les différens minerais, à leur arrivée du Cornouailles et des autres contrées d'où on les tire, sont déchargés dans des cours contiguës à l'usine, une cargaison l'une sur l'autre, de telle sorte qu'en ayant soin de prendre de plusieurs couches à-la-fois, on a un mélange sensiblement uniforme des minerais de tout le comté; ce qui est très-nécessaire dans une fonderie, parce que les minerais étant de qualités diverses et de teneurs différentes, ils agissent les uns sur les autres comme flux. Un mélange soigneusement calculé d'après leur composition chimique serait préférable; mais ce moyen, qu'il est très-rare de pouvoir employer en grand, est impraticable dans cette localité, parce que l'on n'a pas constamment assez de minerai d'une même espèce.

Le minerai est transporté à la fonderie, dans des mesures en bois, contenant chacune un quintal : les ouvriers chargés de la calcination portent le minerai dans les trémies du fourneau de grillage, d'où il tombe sur la sole; les ouvriers l'étendent uniformément sur la surface, au moyen de râbles en fer. La charge que l'on met dans ces fourneaux est de trois tonnes à trois tonnes et demie (3045 à 3507 kilogrammes).

On met le feu et on l'augmente graduellement, de façon qu'à la fin de l'opération la température soit aussi forte que le minerai peut la supporter sans se fondre ou sans s'agglutiner. Pour prévenir l'agglutination, et pour aider le dégagement du soufre, on renouvelle les surfaces, en remuant fréquemment le minerai (d'heure en heure). Au bout de 12 heures, le grillage est ordinairement terminé : on fait alors tomber le minerai dans l'arche qui existe sous la sole du fourneau, au moyen de trous qui sont devant les portes. Lorsque le minerai est assez froid pour être remué, on le retire de l'arche, et on le porte sur le tas du minerai grillé.

Le minerai, dans cette opération, ne change pas sensiblement de poids, ayant gagné en oxygène à-peu-près ce qu'il a perdu en soufre et en arsenic.

Si le grillage a été bien exécuté, le minerai est en poudre noire. Cette couleur est due à une portion du fer qui s'est oxidé.

La quantité de fer qui a passé à l'état d'oxide dans ce premier grillage, n'est qu'une faible proportion de celui qui est contenu dans le minerai.

Le soufre qui s'est dégagé du minerai n'est pas à l'état de soufre pur, mais à celui d'acide sulfureux.

*Seconde opération. — Fonte du minerai grillé.*

§ 105.—Le minerai grillé est également donné aux fondeurs, dans des mesures contenant un quintal. Ils le versent dans des trémies, et après qu'il est tombé sur la sole, ils le répandent uniformément; ils baissent alors la porte, qu'ils luttent exactement.

Dans cette fonte, on ajoute à-peu-près 2 quintaux de scories provenant de la fonte de la matte grillée (§ 106). Le but de cette addition est non-seulement de retirer le cuivre que peuvent contenir ces scories, mais sur-tout d'augmenter la fusibilité du mélange. Quelquefois aussi, lorsque la composition du minerai l'exige, on ajoute de la chaux, du sable et de la chaux fluatée. On se sert souvent de ce dernier fondant.

Le fourneau étant chargé, on met le feu, et le seul soin du fondeur est d'entretenir la température de manière à avoir une fusion parfaite; l'ouvrier relève alors la porte, et remue la masse liquide, pour compléter la séparation du métal (ou plutôt de la matte) et des scories, ainsi que pour empêcher les matières fondues de s'attacher sur la sole. Le fourneau étant prêt, c'est-à-dire la fusion étant parfaite, le fondeur fait sortir les scories par la porte de devant, en les retirant avec un râble. Quand la matte est ainsi débarrassée des scories, on met une seconde charge de mi-

nerai grillé pour augmenter le bain métallique; on exécute la fonte de cette seconde charge comme de celle de la première. On fait ainsi de nouvelles charges de minerai grillé, jusqu'à ce que la matte rassemblée sur la sole du fourneau parvienne au niveau de la porte; ce qui arrive ordinairement après la troisième charge. On ouvre alors le trou de la coulée; la matte se rend dans la fosse remplie d'eau, où elle se granule par son immersion: elle se rassemble dans le récipient qui occupe le fond de la fosse. La matte grenillée est alors portée dans les magasins des mattes. L'oxidation dont se couvrent les grenailles par leur immersion dans l'eau, ne permet pas de distinguer la couleur propre de la matte ou métal brut (*coarse metal*); mais dans les morceaux qui tapissent le canal, on voit qu'elle est d'un gris d'acier. Sa cassure est compacte et son éclat métallique.

Les scories renferment souvent des grenailles métalliques; on les brise et on les trie avec soin.

Toutes les portions qui renferment quelques particules de métal sont refondues dans une opération accessoire.

Les scories qui ne contiennent pas de grenailles de cuivre sont rejetées; quelquefois elles sont moulées en briques très-grosses en sortant du fourneau: elles sont alors employées dans des constructions.

Ces scories sont composées des parties terreuses contenues dans le minerai et de quelques oxides métalliques qui se sont formés pendant l'opération. Elles sont noires, et le quartz qui y

est resté en partie sans être fondu, leur donne l'apparence porphyrique (1).

Dans cette opération, le cuivre s'est concentré; une grande partie des matières avec lesquelles il était mélangé ou combiné s'en est séparée. La matte granulée qui en provient contient en général 33 pour 100 de cuivre; elle est ainsi quatre fois aussi riche que le minerai, et sa masse est conséquemment diminuée dans la même proportion. Ses parties constituantes sont principalement du cuivre, du fer et du soufre.

Le point le plus important à atteindre dans la fonte qu'on vient de décrire est de faire un mélange fusible des terres et des oxides, de façon que la matte de cuivre puisse, à raison de sa plus grande pesanteur spécifique, se rendre à la partie inférieure et se séparer exactement des scories. On atteint ce but au moyen des oxides métalliques que renferment les scories de la quatrième opération (§ 106), lesquelles font partie de la charge. Elles sont presque entièrement composées d'oxide noir de fer. Quand les minerais sont très-difficiles à fondre, on ajoute à la charge une mesure de chaux fluatée (à-peu-près 50 kilogr.); mais il faut faire cette addition avec précaution, pour ne pas trop augmenter la masse des scories.

(1) Ces scories essayées avec le tiers de leur poids de borax donnent 0,20 de fonte grise cassante; par la voie humide, on a trouvé qu'elles contiennent :

Silice et quartz.....	0,590
Oxide de cuivre.....	0,010
Oxide d'étain.....	0,007

Le travail marche jour et nuit. On passe communément cinq charges en 24 heures; mais quand toutes les circonstances sont favorables, c'est-à-dire lorsque le minerai est fusible, que le charbon est de première qualité, et que le fourneau est en bon état, etc., on fait même jusqu'à six charges par jour.

La charge est d'une tonne et demie de minerai grillé (1522 kilogrammes); de façon qu'un fourneau de fusion correspond à-peu-près à un fourneau de grillage, ce dernier donnant 7000 kilogrammes de minerai grillé par 24 heures.

Les ouvriers sont payés à la tonne.

(a) *Refonte des scories contenant des grenailles métalliques.*

§ 104. — Lorsqu'on a recueilli de la fonte précédente une assez grande quantité de scories contenant des grenailles, on les fond séparément. Cette opération paraît avoir exclusivement pour but de séparer ces grenailles des scories dans lesquelles elles sont engagées. Elle donne un métal analogue à celui qu'on a obtenu dans la première fonte auquel on le réunit, et en outre des scories qui sont rejetées. Ces scories sont visqueuses et tenaces; cependant le cuivre s'en sépare avec facilité.

*Troisième opération. — Grillage de la matte ou du métal brut.* (calcination of the coarse metal).

§ 105. — Le but de cette opération est princi-

palement d'oxyder le fer, oxydation qui est plus facile à exécuter que dans le premier grillage, parce que ce métal est dégagé des substances terreuses qui le garantissaient de l'action de l'air.

Ce grillage s'exécute dans le fourneau, *fig.* 1, 2, 3, Pl. II, exactement de la même manière que celui du minerai. On remue continuellement le métal, pour exposer toutes ses surfaces à l'action de l'air chaud et pour empêcher l'agglutination. L'opération dure 24 heures : dans les six premières, le feu doit être très-modéré, ensuite on l'augmente graduellement jusqu'à la fin du grillage.

La charge est, comme au premier grillage, de trois tonnes à trois tonnes et demie (3045 à 3522 kilogrammes).

*Quatrième opération. — Fonte de la matte grillée* (melting of the calcined coarse metal).

§ 106. — Dans la fonte de cette première matte grillée, on ajoute des scories des dernières opérations, très-riches en oxyde de cuivre, et quelques débris de sole qui en sont également imprégnés. La proportion de ces substances varie suivant la qualité de la matte grillée.

Dans cette seconde fonte, l'oxyde de cuivre contenu dans les scories est réduit par l'affinité du soufre, dont une partie passe à l'état d'acide, tandis que l'autre forme un sulfure avec le cuivre devenu libre. Ordinairement, la matte contient une quantité suffisante de soufre pour réduire complètement l'oxyde de cuivre : dans le cas contraire, ce qui arrive si le grillage de la matte a été poussé trop loin, on ajoute une petite quantité de matte non grillée, qui, en four-

nissant du soufre, diminue la richesse des scories et en facilite la fusion.

On enlève les scories par la porte de devant, en les tirant avec un râble. Elles ont une grande pesanteur spécifique ; elles sont brillantes d'un éclat métallique, très-cristallines, et présentent dans les cavités des cristaux analogues à ceux du pyroxène(1) ; elles se cassent facilement et les fragments en sont très-aigus. Elles ne contiennent pas de grenailles métalliques dans l'intérieur ; mais il arrive souvent qu'à cause du peu d'épaisseur de la couche de scories, celles-ci entraînent quelques particules de métal avec elles lorsqu'on les retire.

Ces scories, comme on l'a déjà indiqué à la fonte du minerai grillé (§ 103), sont en général fondues avec lui. Cependant, dans quelques cas, on en fait une fonte particulière : c'est celle que nous avons désignée par la lettre *b* dans le tableau général des opérations (§ 101).

La matte que l'on obtient dans cette seconde fonte, est ou coulée dans l'eau comme la première, ou moulée en saumons, suivant le mode de traitement qu'on veut lui faire subir. Cette matte, appelée *métal fin* (fine metal) lorsqu'elle

(1) Ces scories sont semblables aux scories de forge ; elles contiennent environ la moitié de leur poids de silice, le tiers de protoxyde de fer, un demi-centième de cuivre et une quantité un peu plus grande d'étain ; le reste se compose de chaux, d'alumine et de magnésie ; la perte dans l'opération est donc presque nulle, et l'on peut regarder ce travail comme bien combiné, du moins relativement à la production du cuivre.

est grenailée, et *métal bleu* (bleu metal) lorsqu'elle est en saumons, est d'un gris clair, compacte, et bleuâtre à la surface.

On recueille cette matte sous le premier état lorsqu'elle doit être grillée de nouveau, et sous le second, lorsqu'elle doit subir immédiatement l'opération du rôtissage.

Sa teneur est environ de 60 pour 100 de cuivre.

Cette fonte dure de 5 à 6 heures. La charge est d'une tonne (1015 kilogrammes).

(b) *Fonte particulière des scories de la quatrième opération.*

§ 107. — Cette fonte a pour but d'obtenir le cuivre que ces scories contiennent. Pour l'effectuer, on les mélange avec de la houille en poudre ou d'autres matières charbonneuses.

Le cuivre et plusieurs autres métaux se désoxident, et donnent un alliage blanc et cassant. Les scories qui proviennent de cette fonte sont en partie employées à la première fonte et en partie rejetées. Elles sont cristallines, et présentent souvent dans les cavités des cristaux, qui paraissent appartenir au bisilicate de fer. Elles ont un éclat métallique, et se cassent en fragments très-aigus.

Le métal blanc est refondu, puis réuni à celui qui produit la seconde fonte (§ 106).

*Cinquième opération. — Grillage de la seconde matte, ou métal fin* (calcination of the fine metal).

§ 108. — Ce grillage est exécuté précisément de la même manière que celui de la première matte. Il dure 24 heures, la charge est ordinairement de trois tonnes (5045 kilogr.).

*Sixième opération. — Fonte de la seconde matte grillée* (melting of the calcined fine metal).

§ 109. — Cette fonte est conduite comme celle de la première matte (§ 106). Le cuivre noir ou *cuivre brut* (coarse copper) qu'elle produit, contient de 70 à 80 pour 100 de métal pur; il est coulé en lingots pour subir l'opération du rôtissage.

Les scories sont riches en cuivre; elles sont ajoutées à la fonte de la matte grillée (§ 106).

*Nota.* Dans l'usine de Hafod près Swansea, appartenant à MM. Vivian et fils, on a supprimé depuis peu de temps la cinquième et la sixième opération. La seconde matte est coulée en saumons, sous le nom de *métal bleu*, pour être immédiatement soumise au rôtissage.

La disposition du canal *a a'*, fig. 7, qui amène un courant d'air continu sur la sole du fourneau, accélère et facilite le grillage de la matte; cet avantage a permis de simplifier le traitement en diminuant le nombre de grillages.

*Septième opération.* — *Rôtissage du cuivre noir ou cuivre brut, produit de la sixième opération* (roasting of the coarse copper).

§ 110. — Le but principal de cette opération est une oxidation ; elle s'exécute, soit dans un fourneau de rôtissage ordinaire, soit dans celui que nous avons indiqué *fig. 7*, qui admet un courant d'air continu.

Les saumons de métal provenant de la fonte précédente sont exposés sur la sole du fourneau à l'action de l'air, qui oxide le fer et les autres métaux étrangers dont le cuivre est encore souillé.

La durée du rôtissage varie de 12 heures à 24, suivant le degré de pureté du cuivre brut. La température doit être graduée, afin que l'oxidation ait le temps de s'effectuer, et que les substances volatiles que le cuivre peut encore renfermer s'échappent à l'état de gaz. La fusion du métal ne doit avoir lieu que sur la fin de l'opération.

La charge varie d'une tonne un quart à une tonne et demie (1269 à 1522 kilogrammes). Le métal obtenu est coulé dans des moules de sable. Il est couvert d'ampoules noires, comme l'acier de cémentation ; ce qui lui a fait donner le nom de *cuivre avec ampoules* (blistered copper). Dans l'intérieur de ces saumons, le cuivre présente une contexture poreuse occasionnée par l'ébullition que produisent les gaz qui s'échappent pendant le moulage. Le cuivre étant alors presque entièrement purgé du soufre, du fer et des autres substances avec lesquelles il était combiné, est dans un état propre à être raffiné. Cette opération donne quelques scories ; elles sont très-

lourdes, et contiennent une grande quantité d'oxide de cuivre, et souvent même du cuivre métallique.

Ces scories, ainsi que celles de la troisième fonte et du raffinage, sont ajoutées à la seconde fonte. Voyez ci-dessus (§ 106).

Dans quelques usines, pour amener le métal à l'état où il doit être avant le raffinage, on répète plusieurs fois le rôtissage sur le *métal bleu*. Nous indiquerons plus tard cette modification du traitement.

*Huitième opération.* — *Raffinage du cuivre* (refining or toughening).

§ 111. — On charge les saumons de cuivre destinés à être raffinés sur la sole du fourneau de raffinage, par la porte de côté. On commence à donner une chaleur modérée pour achever le rôtissage, ou l'oxidation, dans le cas où cette opération n'aurait pas été poussée assez loin. On augmente le feu peu-à-peu, de façon qu'au bout de 6 heures, le cuivre commence à couler. Lorsque tout le métal est fondu, et que la chaleur est assez forte, l'ouvrier soulève la porte de devant, et retire, avec un râble, le peu de scories qui recouvrent le bain de cuivre. Elles sont rouges, lamelleuses, très-pesantes, et ressemblent beaucoup à du cuivre oxidulé.

Le raffineur prend alors un essai avec une petite cuiller, et le casse dans un étai, pour voir l'état du cuivre. D'après l'apparence de l'essai, l'aspect du bain, l'état du feu, etc., il juge si l'on peut procéder au raffinage (*toughening*), et qu'elle est la quantité de perches de bois et de charbon de bois qu'on doit ajouter pour rendre le

cuivre malléable, ou, suivant le langage des ouvriers, pour lui faire acquérir la *viscosité convenable* (*proper pitch*). Lorsqu'on commence l'opération du raffinage, le cuivre est cassant, *sec* (*dry*); il est d'un rouge foncé, s'approchant du pourpre. Son grain est assez gros, *peu serré* (*open*), un peu cristallin.

Pour exécuter le raffinage, on recouvre la surface du métal avec du charbon de bois, et on remue avec une perche de bois de bouleau. Les gaz qui s'échappent du bois occasionnent une vive effervescence. On ajoute de temps en temps du charbon de bois, de façon que la surface du métal en soit toujours reconverte, et on remue continuellement avec les perches, jusqu'à ce que l'opération du raffinage soit terminée, ce qui est indiqué par les essais successifs que l'on prend. Le grain du cuivre devient de plus en plus fin, et sa couleur s'éclaircit graduellement. Lorsque le grain est extrêmement fin (*fermé, closed*), que les essais, coupés à moitié et cassés, présentent une cassure soyeuse, et que le cuivre est d'un beau rouge clair, l'affineur regarde l'opération comme terminée; mais il s'assure encore davantage de la pureté du cuivre en essayant sa malléabilité. Pour cela, il prend un essai dans sa petite cuiller et le verse dans un moule. Lorsque le cuivre est solidifié, mais encore rouge, il le forge. S'il est doux sous le marteau, s'il ne se déchire pas sur les bords, l'affineur est satisfait de sa ductilité, et il dit qu'il est dans son état convenable (*its proper state*): il ordonne aux ouvriers de mouler; ils puisent alors le cuivre dans le fourneau, au moyen de grandes cuillers de fer enduites d'argile, et ils le

versent dans des moules ou lingotières de la grandeur déterminée par les besoins du commerce. Les dimensions ordinaires des lingots sont de 12 pouces de large sur 18 de long, et à 2 et demi d'épaisseur.

La durée totale du raffinage est de 20 heures. Dans les six premières, le métal s'échauffe et éprouve une espèce de rôtissage; au bout de ce temps, il fond. Il reste quatre heures avant d'atteindre le point où l'on commence le raffinage proprement dit; cette dernière partie de l'opération dure environ quatre heures. Enfin, il faut six heures pour charger les lingots, mouler le métal, et laisser refroidir le fourneau.

La charge du cuivre dans le fourneau de raffinage dépend des dimensions du fourneau. Dans l'usine de Hafod, l'une des plus importantes de cette contrée, la charge varie de trois tonnes à cinq (3045 à 5075 kilogrammes). La quantité de cuivre pur qu'on y fabrique par semaine est de quarante à cinquante tonnes (de 40,600 à 50,750 kilogrammes).

La consommation de charbon est de 15 à 18 parties de houille pour une partie de cuivre raffiné en lingots. Nous n'avons pu connaître la dépense à chaque fourneau.

Lorsque le cuivre présente des difficultés au raffinage, on y ajoute quelques livres de plomb. Ce métal, par la facilité avec laquelle il se scorie, agit, comme purifiant, en aidant l'oxidation du fer et des autres métaux qui peuvent rester dans le cuivre. Le plomb doit être ajouté immédiatement après que l'on a ôté la porte pour écumer. On doit brasser continuellement le cuivre, pour exposer la plus grande surface possi-

Durée du raffinage.

Consommation.

Addition de plomb : dans quel cas.

ble à l'action de l'air, afin de produire l'entière oxidation du plomb; car la plus petite quantité de ce métal alliée au cuivre le rend difficile à se découvrir quand on le lamine; c'est-à-dire que l'écaïlle d'oxide ne se détache pas nettement de la surface des feuilles.

Précautions  
qu'exige le  
raffinage.

§ 112. — L'opération du raffinage du cuivre est délicate, et exige de la part des ouvriers un grand soin et beaucoup d'attention pour maintenir le métal dans son état de ductilité. Sa surface doit être entièrement couverte de charbon de bois: sans cette précaution, l'affinage du cuivre pourrait *retrograder* (*go back*), dans l'intervalle assez long (1) qui s'écoule pendant le moulage; lorsque cet accident arrive, on doit remuer de nouveau avec la perche de bois.

Un usage trop prolongé de la perche de bois donne naissance à un autre accident très-remarquable. Le cuivre est devenu plus fragile qu'il ne l'était avant qu'on commençât le raffinage, c'est-à-dire lorsqu'il était *sec* (*dry*). Sa couleur est alors d'un rouge jaunâtre très-brillant, et sa cassure est fibreuse. Lorsque cette circonstance se présente, ce que les ouvriers appellent avoir *oultre-passé l'affinage* (*gone too far*), l'affineur enlève le charbon de bois de dessus la surface du métal; il ouvre la porte de côté, pour exposer le cuivre à

(1) On est dans l'habitude de couler le cuivre en lingots peu épais, il faudrait donc avoir un grand nombre de lingotières pour mouler tout le cuivre à-la-fois. On supplée à ce nombre, en versant des couches successives de cuivre dans des lingotières profondes, et en attendant qu'une couche soit solidifiée avant d'en verser une seconde. Par ce moyen, les couches se séparent facilement, et donnent autant de lingots de cuivre qu'il y a de couches.

l'action de l'air, qui reprend alors son état de malléabilité.

M. John Vivian, auquel nous avons emprunté <sup>Théorie de l'affinage.</sup> une grande partie de la description du travail du cuivre, explique d'une manière fort ingénieuse la théorie de l'affinage. « Ne pourrions-nous pas conclure, dit-il, 1°. que le cuivre, lorsqu'il est à l'état *sec* avant le raffinage, est combiné avec une petite portion d'oxigène, ou bien qu'une certaine quantité d'oxide de cuivre est disséminée dans la masse, ou combinée avec elle, et que cette portion d'oxigène est chassée par l'action désoxidante du bois et du charbon, qui rend alors le métal malléable; 2°. que, lorsque l'affinage est *oultre-passé*, le cuivre est combiné avec une petite portion de charbon? Ainsi, de même que le fer, le cuivre serait cassant lorsqu'il serait combiné avec l'oxigène et le charbon, et il ne deviendrait malléable que lorsqu'il serait entièrement purgé de ces deux substances. »

Il est remarquable que le cuivre, dans l'état *sec*, a une action très-forte sur le fer. En effet, les outils employés à remuer le métal liquide deviennent très-luisans, comme ceux dont on se sert dans une forge de maréchal. Le fer de ces outils se consomme plus rapidement que lorsque le cuivre est parvenu à l'état de malléabilité. Le métal exige aussi, lorsqu'il est *sec*, plus de temps pour se solidifier, ou pour se refroidir, que lorsqu'il est raffiné, circonstance qui dépend probablement de la différence de fusibilité du cuivre sous ces deux états, et qui semble indiquer, comme s'il s'agissait du fer, la présence de l'oxigène. Cet effet peut aussi être en partie produit par la différence de température du métal, la

chaleur étant généralement plus forte au moment où l'on vient d'ôter la porte, et le cuivre à l'état sec étant à une plus haute température que lorsqu'il a été remué.

Lorsque le point de l'affinage est *outré-passé*, on observe une autre circonstance très-remarquable : c'est que la surface du cuivre s'oxide plus difficilement, et qu'elle est plus brillante que de coutume; elle réfléchit les briques de la voûte du fourneau. Ce fait vient à l'appui de la conjecture déjà émise, que le métal est alors combiné avec une petite quantité de carbone. On conçoit, en effet, que l'oxygène de l'air se trouvant absorbé par le carbone, la surface du métal se trouve préservée.

§ 113.—Le cuivre, suivant les usages auxquels on le destine, est versé dans le commerce sous plusieurs formes. Celui qui doit être employé à la fabrication du laiton est granulé (1). Sous cet état, il présente plus de surface à l'action du zinc

Différentes formes sous lesquelles le cuivre est livré au commerce.

Fabrication du laiton.

(1) On fait maintenant en Angleterre le laiton directement avec du cuivre et du zinc métallique. On a reconnu qu'il y avait une beaucoup plus grande économie à extraire d'abord le zinc, puis à le combiner avec le cuivre, que de mélanger ce dernier métal avec la calamine. En France, on suit également ce procédé dans quelques usines; mais au lieu de granuler le cuivre, on le met généralement en fragmens. Il paraît que cette légère différence dans le traitement en apporte une considérable dans la qualité du laiton. Il est alors plus homogène, et ne présente pas de points durs, qui sont si nuisibles dans l'emploi de cet alliage.

Outre l'économie sous le rapport de la perte en zinc, la méthode de combiner directement les deux métaux présente encore d'autres avantages; savoir, d'exiger moins de temps et de consommer moins de combustible. En ef-

ou de la calamine et s'y combine plus facilement. Pour opérer cette granulation, on verse le métal dans une grande cuiller percée de trous, et placée au-dessus d'une cuve remplie d'eau. L'eau doit être chaude ou froide, suivant la forme qu'on veut donner aux grains. Lorsque l'eau est chaude, on obtient des grains arrondis, analogues au plomb de chasse: le cuivre, à cet état, s'appelle *cuivre en grains* ou *dragées* (*bean shot*). Quand le cuivre tombe dans de l'eau froide continuellement renouvelée, les grains sont irréguliers, minces et ramifiés; c'est le *cuivre en plumes* (*feathered shot*). Le *cuivre en grains* est celui qu'on emploie pour la fabrication du laiton.

On met aussi le cuivre en petits lingots, du poids d'environ 6 onces; ils sont destinés à être exportés aux Indes orientales: ils sont connus dans le commerce sous le nom de *cuivre du Japon* (*Japan copper*). Aussitôt que ces petits lingots sont solidifiés, on les jette encore rouges dans de l'eau froide. Cette immersion oxide légèrement la surface du cuivre, et lui donne une couleur d'un beau rouge.

set, quoiqu'on mélange le zinc à deux reprises, comme dans le procédé avec la calamine, attendu que si on mettait immédiatement tout le zinc nécessaire, il s'en volatiliserait une grande partie; néanmoins on ne fait pas deux opérations distinctes: quand le premier mélange de zinc et de cuivre est fondu, on ajoute dans les creusets des morceaux de zinc, de manière à obtenir la proportion nécessaire à un bon laiton.

Les fourneaux sont exactement les mêmes que ceux décrits dans l'excellent Mémoire de M. Berthier sur la fabrication du laiton (*Annales des mines*, vol. III, p. 345). Ils sont ronds et peuvent contenir huit pots.

Le laiton se fabrique principalement à Bristol et à Birmingham.

Enfin le cuivre est quelquefois réduit en feuilles, soit pour le doublage des vaisseaux, soit pour tout autre usage. Peu d'usines exécutent le laminage; celle de Hafod (1), que nous avons déjà citée plusieurs fois, possède un puissant laminoir, composé de quatre paires de cylindres: il est mu par une machine à vapeur, dont le cylindre a 40 pouces de diamètre.

Laminage  
du cuivre.

§ 114. — *Laminage du cuivre.* Les laminoirs employés pour ce travail sont analogues à ceux en usage pour la fabrication de la tôle: ils varient suivant les dimensions des feuilles de cuivre que l'on se propose d'obtenir; mais les cylindres ont ordinairement 3 pieds de long sur 15 pouces de diamètre; ils sont pleins. Le supérieur peut se rapprocher de l'inférieur, au moyen d'une vis de pression, de façon qu'on resserre les cylindres à mesure que la feuille diminue d'épaisseur.

Les lingots de cuivre sont posés sur la sole

(1) L'usine de Hafod, située sur la rivière de Swansea, contient quatre-vingt-quatre fourneaux, un laminoir, une manufacture de clous de cuivre, et de différens autres objets, tant de cuivre que de laiton. Cet établissement possède une autre usine, située sur la même rivière, à environ deux milles au dessus, dans laquelle il existe une paire de cylindres pour laminier les feuilles à froid, une fenderie et deux marteaux: ces différens mécanismes sont mus par des roues hydrauliques.

Cet établissement est éclairé par le gaz. La consommation par semaine, y compris la machine à vapeur, etc., est de 1400 à 1500 tonnes de houille (1,421,000 à 1,522,500 kilogr.). Elle donne de l'emploi à près de mille individus, qui constituent, avec leur famille, une population de trois mille âmes: elle produit un revenu de 400 à 500 livres sterling par an au port de Swansea, et donne lieu à une circulation de 1000 liv. sterling par semaine dans le pays.

d'un fourneau de réverbère, pour être chauffés. On les place les uns à côté des autres, et on en forme des piles en les disposant en croix, pour que l'air chaud les entoure de tous côtés. On ferme la porte, et on regarde de temps en temps si le cuivre est arrivé à la température nécessaire au laminage, qui est celle du rouge sombre.

On passe alors le cuivre entre les cylindres; mais quoique ce métal soit très-malléable, on ne peut pas réduire le lingot en feuilles sans le chauffer plusieurs fois, parce que le cuivre se refroidit, et qu'il acquiert, par la compression, une texture qui ne permet pas de continuer le laminage.

Ces chaudes successives s'exécutent dans le même fourneau que nous avons indiqué ci-dessus; cependant, quand les feuilles ont de très-grandes dimensions, on emploie des fourneaux disposés différemment. Ils ont 12 à 15 pieds de long et 5 de large; la sole n'a que 3 pieds, et de chacun de ses côtés règne, dans toute sa longueur, une chauffe d'un pied de large. Ces chauffes sont séparées de la sole par de petits ponts de 2 à 3 pouces d'élévation. La voûte est légèrement courbe; elle est percée de plusieurs trous, par lesquels la fumée s'échappe dans une hotte qui surmonte le fourneau. Pour que la chaleur circule entre les feuilles qu'on place dans le fourneau, on met sur la sole deux bancs de fer parallèlement aux petits côtés, et les feuilles sont séparées entre elles par des rognures.

Le cuivre, par les chaudes et les laminages successifs qu'il a subis, s'est couvert d'une couche d'oxide, qui cache la couleur naturelle de sa surface, et en change les propriétés. Pour enlever

cet oxide, on trempe les feuilles pendant quelques jours dans une fosse remplie d'urine; puis on les expose sur la sole du fourneau de chaufferie. Il se forme de l'ammoniaque, qui réagit, et le cuivre se découvre. On frotte les feuilles avec un morceau de bois, puis on les trempe encore chaudes dans l'eau, pour faire tomber l'oxide; enfin, on les passe à froid sous des cylindres pour les redresser. Elles sont alors coupées carrément, après quoi elles sont prêtes à être livrées au commerce, soit pour l'exportation, soit pour la consommation intérieure.

Les déchets du cuivre que l'on obtient en ébarbant les feuilles, ainsi que les battitures, ou oxides de cuivre, qui tombent des feuilles laminées, sont reportés à la raffinerie et refondus.

*Traitement du cuivre, dans lequel l'opération du rôtissage est répétée quatre fois.*

Traitement  
avec quatre  
rôtissages.

§ 115. — En décrivant l'opération du rôtissage, nous avons annoncé qu'il existait une méthode dans laquelle on amenait le cuivre au point nécessaire au raffinage par le moyen de quatre rôtissages; c'est dans l'usine appelée *Middle-bank Copper-works*, appartenant à M. Greenfell, qu'on emploie cette méthode. Le grillage présentant aussi quelques différences, à cause de la disposition des fourneaux, nous décrirons brièvement le procédé entier.

Grillage du  
minerai.

§ 116. — Le grillage du minerai s'exécute dans des fourneaux à 3 étages, représentés, *fig. 6*, Pl. II. Le minerai chargé dans les trémies tombe sur la sole supérieure *c*. Un ouvrier l'y répand uniformément; au bout de six heures de chauffe, on fait descendre le minerai sur la seconde sole *b*.

Il est alors desséché et a éprouvé un commencement de grillage. Sur cette seconde sole, le grillage se termine. Cette seconde partie de l'opération dure également six heures, temps nécessaire pour fondre une charge; quand le minerai est ainsi grillé, on le fait tomber sur la sole inférieure *a* pour y être fondu.

Dans ce genre de fourneau, la température est plus haute que dans les fourneaux de grillage ordinaires: aussi les ouvriers doivent-ils apporter un grand soin pour empêcher le minerai de s'agglomérer.

§ 117. — La fonte se conduit de la même manière que dans le procédé décrit (§ 106); on ajoute au minerai des scories provenant de la seconde fonte, de la chaux fluatée, de la chaux et du sable, suivant que la fusibilité du mélange l'exige. Elle donne de même pour produit une matte contenant de 30 à 53 pour 100 de cuivre pur, et une scorie noire porphyrique. Les parties qui contiennent des grenailles sont refondues, la matte est grenillée dans l'eau.

Fonte du  
minerai  
grillé.

L'opération dure six heures. On charge une tonne (1015 kilogrammes) sur chaque sole, de façon qu'il y a constamment dans ce fourneau deux tonnes de minerai qui subissent l'action du grillage, et une tonne de minerai grillé qui est soumise à la fonte.

§ 118. — Le grillage de la matte s'exécute dans un fourneau à deux étages, que nous avons indiqué en parlant des fourneaux (§ 94).

Grillage de  
la matte.

La matte grenillée éprouve un commencement de grillage sur le plan supérieur, et ce grillage est terminé sur l'étage inférieur.

On laisse la matte vingt-quatre heures sur

chaque sole; la charge est de six tonnes, trois à chaque étage.

Fonte de la  
matte grillée.

§ 119. — La quatrième opération est une fonte analogue à la quatrième opération du traitement précédent. On ajoute à la matte grillée les scories provenant des différentes opérations postérieures.

La charge est d'une tonne et demie (1522 kilogr.), et la durée de la fonte est de six heures.

La matte qui provient de cette fonte contient 60 pour 100 de cuivre; elle est coulée en saumons (*pigs*) au lieu d'être grenillée: c'est le métal bleu.

Rôtissages.

§ 120. — Cette matte subit quatre rôtissages successifs, qui forment les opérations 5, 6, 7 et 8 de cette méthode.

La durée de chacun de ces rôtissages est de vingt-quatre heures, y compris le temps de refroidir et de charger le fourneau. Le métal est tenu rouge, sans fondre, pendant une partie de l'opération; puis on augmente la température et on obtient une fusion parfaite. On remue alors avec des morceaux de bois, pour empêcher l'oxidation du métal.

Après avoir ainsi brassé la masse, on retire les scories par la porte de devant; puis on coule le métal en saumons.

La charge, dans ces rôtissages, varie de deux tonnes et demie à trois tonnes; on met moins de métal dans les premiers rôtissages que dans les derniers.

Ces rôtissages successifs donnent des cuivres noirs de plus en plus riches: celui qui est produit par le premier contient 70 pour 100 de cuivre; le second, de 75 à 80. Il est très-caverneux,

couvert d'ampoules, et ressemble entièrement au produit du rôtissage dans le traitement où le cuivre brut n'est soumis qu'une fois à cette opération. La scorie qui en résulte est une espèce de matte contenant un grand excès d'oxide de cuivre, et qui contient la plus grande partie des métaux étrangers.

Le troisième rôtissage donne un cuivre noir de 85 pour 100 de richesse, et celui que produit le quatrième contient 90 pour 100 de cuivre pur. Les résidus qui proviennent de ces deux opérations sont composées presque entièrement de cuivre métallique.

Le dernier cuivre noir est raffiné par la méthode ci-dessus décrite.

La consommation de houille est évaluée, dans cette usine, à vingt parties, pour obtenir une partie de cuivre.

Dans l'usine de *Upper-bank Copper-works*, qui est voisine de celle-ci, et qui appartient au même propriétaire, on suit le procédé avec un seul rôtissage.

Nous n'avons pas pu connaître exactement quelle est la méthode la plus avantageuse. Il paraît, d'après les renseignemens que le directeur de ces établissemens a eu la complaisance de nous donner, que la méthode où l'on pratique les quatre rôtissages serait plus longue et plus coûteuse; mais aussi que le cuivre obtenu par ce travail serait de qualité supérieure à celui que l'on obtient par l'autre procédé.

Nous ignorons si tous les minerais sont indifféremment fondus par l'une ou l'autre méthode.

§ 121. — On peut évaluer ainsi qu'il suit les dépenses de 100 kilogrammes de cuivre, sachant

Prix de fabrication du cuivre.

que le minerai donne moyennement 8 pour 100 de cuivre métallique, et que pour obtenir une partie de cuivre, on consomme de 18 à 20 parties de houille.

1250 kilogrammes de minerai (1).	138 fr.
2000 kilogrammes de houille. . . . .	20
Dépenses en main-d'œuvre (2), lo-	
cations, réparations, etc. . . . .	32 50
	<hr/>
	190 50

*Nota.* Nous ajouterons à la suite de cet article une note sur le traitement du cuivre pyriteux de Sainbel, que M. Thibaud, ingénieur des mines, directeur de l'usine de Chessy, a bien voulu nous transmettre, et dans laquelle on a comparé la dépense des procédés employés dans le pays de Galles et à Chessy.

IV. *Expériences qui ont été faites pour condenser les vapeurs qui se dégagent des usines à cuivre.*

§ 122. — L'établissement des usines à cuivre a procuré à la côte du Glamorgan un accroissement rapide de prospérité. A l'époque de l'éta-

Accroisse-  
ment rapide  
de Swansea.

(1) Le minerai pauvre coûte environ 50 francs les 1000 kilogrammes, et le minerai riche 500 francs ; mais le prix du minerai, ramené à ne contenir que 8 pour 100, peut être évalué à 4 livres et 10 schellings la tonne, c'est-à-dire à 112 fr. 50 c. les 1015 kilogrammes. Ce prix varie avec celui du cuivre.

(2) Le prix de la main-d'œuvre, des réparations et du combustible, varie de 500 à 550 francs par 1015 kilogrammes (une tonne), suivant l'importance de l'usine. Mais, en supposant, ainsi que nous l'avons indiqué, que l'on consomme vingt parties de houille pour en obtenir une de cuivre, et sachant que ce combustible coûte 8 schellings ou 10 francs la tonne, la dépense en main-d'œuvre, etc., en prenant la moyenne entre 500 et 600, sera réduite à 35 par quintal métrique de cuivre.

blissement de la première usine à cuivre dans ce pays, il y a environ un siècle, Swansea n'était qu'un village insignifiant. En 1801, sa population s'élevait déjà à 6,099 habitans, et en 1821 à 10,255. Le mouvement du port a augmenté à tel point, que le nombre des vaisseaux qui y entrent annuellement s'élève à 2,600.

Le commerce du cuivre, seul, exige constamment l'emploi de cent bâtimens du port de cent tonneaux ; chaque vaisseau fait dix voyages par an. Le marché de Swansea est devenu considérable depuis l'augmentation de population sur cette côte. En raison de la richesse et de la prospérité de la ville, les terres des environs se louent le double de ce qu'elles vaudraient pour l'agriculture dans des circonstances ordinaires. La ville et la rivière de Neath reçoivent des avantages du même genre.

Le mouvement de fonds dans les usines à cuivre du sud du pays de Galles s'élève à 200,000 livres sterlings (5,000,000 francs) par an, et la quantité de houille que ces usines consomment, ou dont elles occasionnent l'exportation en Cornouailles, s'élève à 200,000 chaldrons (3,100,000 hectolitres) (1).

Mais si l'érection de ces usines contribue si puissamment à enrichir la côte du Glamorgan, leur voisinage n'est pas sans inconvénient : en effet, elles sont constamment enveloppées d'un nuage de fumées blanchâtres, que l'on aperçoit de plusieurs lieues, et dont l'action corrosive détruit la végétation à plusieurs centaines de toises

Fumées  
nuisibles  
auxquelles  
le traitement  
du cuivre  
donne lieu.

(1) Le chaldron de charbon de terre équivaut à 15 hectolitres et demi.

autour de chacune d'elles, et la tient en souffrance à une distance encore plus considérable. Ces mêmes gaz sont très-désagréables et probablement nuisibles aux animaux qui les respirent.

Ces fumées doivent être considérées comme composées de deux parties; savoir, de gaz qui se dégagent du charbon et de gaz provenant du minerai de cuivre, qu'on appelle, dans le pays, fumée du cuivre (*copper smoke*).

La fumée de la houille est bien connue, et on sait qu'elle n'a aucune action nuisible lorsqu'elle est étendue dans l'air atmosphérique.

Il n'en est pas de même de la fumée du cuivre, celle-ci paraît se composer de quantités diverses:

Composition  
de ces fu-  
mées.

- 1°. D'acide sulfureux;
- 2°. D'acide sulfurique;
- 3°. D'arsenic;
- 4°. D'acide arsénieux;
- 5°. De gaz et de vapeurs fluoriques;
- 6°. De matières solides entraînées mécaniquement.

C'est principalement l'acide sulfurique qui donne naissance à l'épaisse vapeur blanche, qui rend la fumée du cuivre si nuisible. L'arsenic, soit à l'état métallique, soit à celui d'acide arsénieux, passe à l'état de vapeurs: très-probablement, le fluat de chaux mêlé au minerai produit du gaz fluorique silicé et du gaz acide fluorique. Les matières entraînées mécaniquement consistent en particules fines de minerai: il peut s'y trouver du cuivre métallique; mais l'expérience a prouvé que la proportion en est au moins très-peu considérable.

L'action nuisible et le désagrément de cette fumée ont excité de fréquentes plaintes, qui ont

mis les propriétaires des usines dans la nécessité de chercher les moyens de la condenser. Nous croyons devoir indiquer ici les différentes expériences qui ont été faites dans ce but, parce que, quoique la France ne possède que peu d'usines à cuivre où il soit nécessaire de les appliquer, il existe dans les grandes villes, et notamment à Paris, un grand nombre d'établissements, comme les fabriques d'acide sulfurique, les ateliers où l'on sépare l'or et l'argent, etc., d'où il s'échappe des fumées délétères et qu'il serait très-utile de pouvoir condenser.

§ 123. — Dès l'année 1810, M. John-Henry Vivian (1), membre de la Société royale et de la Société géologique, et intéressé dans l'un de ces établissements, commença des expériences dans l'usine que MM. Vivian et fils possédaient alors à *Penclawdd*. L'appareil qu'il employa d'abord consistait simplement en longs canaux horizontaux disposés en zigzags; mais il s'aperçut bientôt que, bien que les obstacles que rencontrait la fumée dans sa course donnassent lieu à la formation d'un dépôt dans le tuyau, il ne pourrait cependant atteindre le but qu'il s'était proposé, par des moyens purement mécaniques.

Condensa-  
tion dans des  
chambres à  
pluie.

En 1821, il tenta de condenser et d'absorber ces vapeurs au moyen de l'eau. Dans ce but, M. Vivian fit construire un large canal qui traversait toute son usine, et qu'il prolongea en ligne droite à l'extérieur, sur une longueur d'environ cents yards (92<sup>m</sup>, 40); il éleva à son ex-

(1) Cette description est extraite d'un mémoire que M. sir John-Henry Vivian a publié dans les *Annales de philosophie*.

trémité une cheminée de 100 pieds (30<sup>m</sup>, 60) de haut. Entre l'usine et la cheminée, le conduit était interrompu par une grande chambre destinée à rendre la fumée stationnaire pendant quelques instans, et à permettre ainsi le dépôt des matières tenues en suspension mécanique. Cette chambre était divisée par des cloisons verticales, au moyen desquelles la fumée devait se trouver en contact plus immédiat avec l'eau qu'on se proposait d'y faire tomber sur plusieurs points. Le canal montait légèrement jusqu'au point où il débouchait dans la chambre, puis il descendait légèrement vers la grande cheminée, afin que l'eau qu'on devait introduire, tant dans cette seconde partie du canal que dans la chambre, pût couler dans la même direction que la fumée, et tendît à favoriser plutôt que gêner le tirage. Après avoir essayé diverses dispositions pour l'introduction de cette eau, M. Vivian se déterminina à adopter celle qu'on emploie pour les douches, admettant l'eau à la partie supérieure de la chambre et du canal descendant, dans des bassins de cuivre percés de trous qui la distribuaient régulièrement en *pluie*. On obtint, par ce moyen, les plus heureux résultats. Il se faisait un dépôt considérable sur les parois du conduit ainsi qu'au bas de la cheminée, et l'eau était fortement imprégnée de substances enlevées à la fumée, dont, par suite, le volume était considérablement diminué. A sa sortie de la grande cheminée, elle ne possédait plus dans un degré marqué aucune des propriétés nuisibles qu'elle avait avant de traverser la *chambre à pluie*.

Encouragé par ce résultat, M. Vivian fit de nouvelles chambres et des conduits très-éten-

nus, de manière à comprendre dans l'opération d'assainissement tous les fourneaux de grillage de l'usine. Dans le système qu'on établit alors, la fumée, avant d'arriver à la grande cheminée, avait à traverser successivement quatre *chambres à pluie N*, dans lesquelles la somme des hauteurs des chutes était de 480 pieds; de plus, voulant condenser également la fumée qui se dégageait des fourneaux de fonte, on les fit communiquer avec la grande cheminée; mais ayant conclu des expériences antérieures que les fourneaux de fonte ne chaufferaient pas suffisamment lorsqu'on les ferait déboucher dans le même conduit que les fourneaux de grillage, on construisit pour eux un conduit séparé, qui aboutissait directement à la grande cheminée.

Après avoir tenu ce système en activité pendant quelques mois, on observa que plusieurs des cloisons des *chambres à pluie*, auxquelles on n'avait donné que l'épaisseur d'une demi-brique, étaient tombées, par suite de l'action des acides sur le mortier et sur les briques elles-mêmes, et qu'une réparation générale était nécessaire.

En l'exécutant, on réduisit le nombre des cloisons de quelques chambres, et on fit les passages pour la fumée, non au haut et au bas des cloisons, mais à leurs extrémités latérales, de manière que la fumée pût passer à travers la *chambre à pluie* horizontalement, au lieu d'être contrainte à monter contre la direction des gouttes, et à descendre au-dessous du niveau des fourneaux de grillage; ce qui naturellement mettait obstacle au tirage. (La planche III représente une partie de l'appareil définitivement adopté.) On remarqua aussi que les bassins de cuivre percés de trous,

placés à la partie supérieure des différentes divisions des *chambres à pluie*, avaient été dégradés par la fumée et qu'elle s'échappait par les joints qui les entouraient. Pour obvier à ces inconvéniens, on prit le parti de couvrir la totalité de chacune des chambres par un seul bassin de cuivre, percé de trous à son fond dans les parties correspondantes au courant de fumée. Cette disposition remédiait à tous les inconvéniens qu'avaient offerts les précédentes. L'épaisseur des plaques de cuivre qui forment ces bassins est telle, qu'un pied anglais carré pèse trois livres anglaises (1<sup>k</sup>49<sup>3</sup>). Les trous sont percés sur des lignes diagonales, à-peu-près à un pouce l'un de l'autre, et un pied de surface en contient environ 250 : ils ont un seizième de pouce de diamètre. On a cherché à les faire aussi petits que possible, pour multiplier les surfaces de l'eau ; mais ce liquide n'aurait pas coulé avec facilité à travers des ouvertures plus petites. On place les feuilles de cuivre de manière que les barbes des trous soient tournées vers le bas, disposition qui facilite la formation des gouttes. L'arrangement des trous est tel, que la fumée qui échappe aux gouttes d'une ligne se trouve en contact avec celles d'une autre.

Ayant remarqué que le tirage des fourneaux de fonte était gêné depuis qu'on les faisait déboucher dans la grande cheminée, on prit le parti de leur rendre l'usage de leurs propres cheminées. Cette nouvelle disposition présentait peu d'inconvénient, parce que la fumée de ces fourneaux se compose presque uniquement des produits de la combustion du charbon. Mais le tirage de la grande cheminée n'était plus assez

fort, et pour l'augmenter, on construisit près d'elle un fourneau de fusion M qu'on y fit déboucher, ainsi qu'on le voit dans la *fig. 2*, Pl. III.

Par cette disposition, le tirage des fourneaux de grillage devint aussi bon qu'on put le désirer, et la seule dépense courante qui résultât de l'adoption de cette méthode, était le transport des combustibles et des scories du fourneau de fusion placé à côté de la cheminée.

Les résultats de ces opérations ont été des plus satisfaisans. Des expériences faites par MM. R. Phillips et Faraday, qui ont constamment aidé M. Vivian de leurs conseils, prouvent que l'arsenic est déposé dans les *chambres à pluie*, où on le trouve en abondance flottant dans l'eau.

L'acide arsénieux est en partie déposé et en partie dissous par l'eau, et dans le cas où quelques portions d'acide arsenique se formeraient à une haute température, elles seraient aussi très-promptement dissoutes par l'eau, dans laquelle cet acide est plus soluble que le précédent. Ce qui prouve d'ailleurs l'efficacité de l'action de l'eau, c'est qu'il n'y a qu'une trace d'arsenic dans la fumée du conduit au-delà des *chambres à pluie*.

Les acides sulfurique et arsenique sont aussi absorbés par l'eau. Il en est de même d'une portion considérable de l'acide sulfureux ; cependant, comme cet acide est moins facile à absorber que les acides sulfurique et fluorique, une partie reste libre.

L'acide fluorique, dont l'existence était présumée d'après l'action de la fumée sur le verre, a été découvert dans l'eau de la première cham-

bre. Cet acide n'a pas été retrouvé dans la fumée après qu'elle a traversé les chambres.

Quant aux substances emportées mécaniquement, elles se déposent en boue dans le fond des chambres et du conduit : ainsi, de toutes les parties nuisibles que renferme la fumée, il n'échappe à la condensation qu'une portion du gaz acide sulfureux. Sa proportion dans les gaz qui sortent maintenant de la grande cheminée, n'est que d'un 38<sup>e</sup>. de ce qu'elle était avant l'établissement de cette cheminée. La grande masse de ces gaz étant composée de vapeurs bitumineuses et de vapeurs d'eau provenant de l'eau d'absorption ; en outre, le gaz acide sulfureux étant rejeté à une grande hauteur, il doit nécessairement se mêler avec une bien plus grande proportion d'air atmosphérique, avant d'agir en aucune manière sur la végétation, circonstance qui en diminue encore les mauvais effets.

On voit, d'après cela, que M. John-Henry Vivian a atteint en très-grande partie, et peut-être aussi complètement qu'on puisse le faire en grand, le but de ses utiles travaux.

Outre ces expériences, M. Vivian en a fait beaucoup d'autres, dans lesquelles il a employé comme agens *la vapeur d'eau, la chaux, le nitre, le charbon et la calcination en vaisseaux clos*. Quoiqu'elles n'aient conduit à aucun résultat ; cependant nous croyons devoir les indiquer, afin que les personnes qui pourront s'occuper d'expériences analogues connaissent celles qui ont déjà été faites.

Expérience  
avec la va-  
peur d'eau.

§ 124. — *Vapeur d'eau*. On peut s'attendre à voir agir la vapeur de deux manières, comme favorisant la transformation de l'acide sulfureux

en acide sulfurique, et comme présentant, au moment de sa condensation, de l'eau très-divisée.

Pour s'en assurer, M. Vivian fit construire une chaudière, qui envoyait dans le conduit, en avant de la première *chambre à pluie*, 350 pieds cubes de vapeur par minute. L'examen montra que l'eau de la chambre, avant et après l'introduction de la vapeur dans le conduit, contenait à très-peu-près la même proportion de soufre ; ce qui fait voir que la température de l'eau contrebalance l'effet de sa grande division.

§ 125. — *Chaux*. On fixa au mur de l'une des *chambres à pluie* une auge de fer, dans laquelle on plaça de la chaux. On versa sur cette chaux de l'eau jusqu'à ce qu'elle prit la consistance d'une crème. A cet état, on la fit tomber dans la division de la chambre la plus éloignée du fourneau, puis, la remontant à l'aide d'une pompe, on la fit tomber successivement dans les autres divisions. On l'employa aussi à l'état d'eau de chaux. Ce procédé n'a pas donné de résultats aussi efficaces qu'on aurait pu l'espérer : on s'est convaincu en outre qu'il ne serait pas applicable en grand, et qu'il occasionnerait une dépense considérable, à cause de la quantité énorme de chaux nécessaire pour absorber tous les acides, y compris l'acide carbonique.

Expérience  
avec la  
chaux.

§ 126. — *Nitre*. On construisit une chambre de plomb près du canal horizontal. On disposa les choses de manière à faire passer la fumée du cuivre à travers cette chambre, et à y introduire en même temps du gaz acide nitreux, produit dans une cornue placée à côté. L'expérience montra que le gaz acide sulfureux sortant des fourneaux, y était trop mélangé avec les autres gaz pour

Expérience  
avec le nitre.

être employé avec avantage à la fabrication de l'acide sulfurique. En effet, d'après l'analyse de MM. Philips et Faraday, le gaz ou la fumée dans le canal, au point le plus voisin des fourneaux de grillage, ne contient pas plus de 5 pour cent d'acide sulfureux, ce que nous croyons n'être pas beaucoup au-dessus de ce que contient le résidu gazeux mélangé qui s'échappe de la cheminée d'une fabrique d'acide sulfurique après que l'opération est terminée. En outre, il est à croire que la rapidité du courant est trop grande pour permettre l'intime mélange et la combinaison des vapeurs sulfureuses et nitreuses, et qu'en conséquence une quantité considérable des dernières sont emportées sans être employées.

Expérience  
avec le char-  
bon.

§ 127. — *Charbon*. On sait que le charbon incandescent décompose l'acide sulfureux : il se dépose du soufre et il se produit de l'acide carbonique ou de l'oxide de carbone. M. Vivian voulut en conséquence essayer l'effet que produirait le passage de la fumée à travers un feu de charbon. Il fit construire près de la grande cheminée un fourneau d'expérience, dans lequel, au moyen de petits tuyaux garnis de soupapes, et communiquant avec le grand tuyau des fourneaux de grillage, on pouvait à volonté introduire la fumée avant ou après son passage dans les *chambres à pluie*. Le canal qui amenait la fumée aboutissait sous la grille du fourneau, de manière que la fumée qui l'avait parcouru pouvait passer à travers le feu et se rendre ensuite dans un second canal terminé par une cheminée.

On fit la première expérience en chauffant ce fourneau avec un feu de houille ordinaire. Voici quel fut le résultat : lorsque la masse en ignition

était assez volumineuse pour établir le contact du gaz et du combustible, la fumée ne pouvait la traverser ; quand au contraire elle était assez mince pour laisser un libre passage, la fumée était simplement échauffée, ce qui la rendait transparente pour un moment ; mais elle restait indécomposée, ou si quelque décomposition avait lieu, le gaz était immédiatement reproduit, comme cela était sensible à la seule inspection du haut de la cheminée. On répéta la même expérience avec du *stone-coal* (houille sèche), du *culm* (*stone-coal* en poudre) et du coke : le résultat fut le même. On ne fut pas plus heureux avec du charbon de bois.

M. Bevington-Gibbins, dans une série d'expériences faites dans le même but, mais sur une moins grande échelle, a aussi employé le charbon de bois et a réussi à produire un dépôt de soufre.

M. Young a essayé, mais, à ce qu'il paraît, sans succès, d'opérer la même décomposition avec un feu de bois.

Au reste, il est aisé de sentir combien il serait difficile d'avoir recours à des opérations de ce genre sans porter atteinte au tirage des fourneaux.

§ 128. — *Calcination en vaisseaux clos*. On a plus d'une fois songé à calciner le minerai en vaisseaux clos et à en séparer une partie du soufre par distillation ; mais les dépenses occasionnées par ce procédé sont trop considérables relativement au prix du soufre qu'on en retire pour qu'il puisse être employé. En outre, le résidu qu'on obtiendrait étant fondu, le traitement qu'il exigerait serait plus difficile et plus dispendieux que celui du minerai.

Calcination  
en vases clos.

Expérience  
avec de l'hydrogène carboné.

§ 129. — *Hydrogène carboné.* On essaya de décomposer les gaz produits par le grillage, au moyen du gaz hydrogène carboné, qu'on obtenait en faisant passer les produits de la combustion sur de la houille. L'expérience a été faite sur une petite échelle, mais sans un succès très-marqué. Il est aisé de sentir que quand même cette méthode serait susceptible de réussir, la grande quantité de houille qu'elle exigerait la rendrait d'un usage inapplicable.

M. John-Henry Vivian ne fut pas le seul à s'occuper de chercher un remède aux effets nuisibles de la fumée des usines à cuivre. En octobre 1821, une souscription fut ouverte dans ce but à Swansea; on forma un fonds destiné à récompenser l'inventeur d'un moyen efficace d'obvier complètement aux inconvénients produits par la fumée qui résulte du traitement des minerais de cuivre, et à couvrir les dépenses que ses recherches auraient pu occasionner. Le comité des souscripteurs proposa, le 5 novembre 1821, un prix de 1,000 liv. sterl. (25,000 f.) pour cet objet. M. John-Henry Vivian, dont les essais remontent même à une époque antérieure, et trois autres personnes intéressées dans les usines, s'occupèrent de résoudre cette importante question; mais à la fin de 1822, aucun d'eux n'avait assez complètement réussi pour que le prix pût être décerné. On trouva cependant que le procédé de M. Vivian approchait beaucoup du but désiré.

*NOTE sur le traitement du cuivre pyriteux à Sainbel;* par M. THIBAUD, ingénieur des mines.

LE minerai de cuivre qui a alimenté jusqu'ici la fonderie de Sainbel est un cuivre pyriteux, que l'on a tiré successivement des mines de Chevinau, de Pilon et de Sourcieux, toutes situées à moins d'un demi-myriamètre de distance de Sainbel.

Minerais pyriteux des environs de Sainbel.

Ce minerai pyriteux s'y trouve disposé en amas allongés selon la direction des couches du terrain: ce dernier est composé en grande partie d'une roche d'un vert grisâtre, connue des mineurs sous le nom de *roche de corne*, que sa nature minéralogique assez variable rapproche le plus souvent des roches amphiboliques ou serpentineuses. La pyrite y est encaissée par un schiste blanc talqueux.

Les deux premières exploitations sont abandonnées depuis long-temps par suite de l'abondance des eaux et de l'épuisement des minerais; la dernière a été abandonnée en 1821, à cause de la pauvreté du minerai, qui ne rendait que deux et demi pour cent de cuivre, et en raison du bas prix de ce métal et de la cherté du combustible.

On a continué à fondre des restes de ce minerai jusqu'à la fin de mai 1825, en l'enrichissant par des minerais carbonatés pauvres de la mine de Chessy.

On se propose dans cette note de faire connaître les résultats de la fonte de ce minerai de Sourcieux, et de fournir par là les moyens de