

ou on superpose le contenu des poches; chaque poche forme un lingot qui se détache du précédent. Les lingots sont coulés plus ou moins épais, selon l'emploi qu'on veut en faire.

### III.—EXTRACTION DU CUIVRE PAR LA VOIE HUMIDE.

On traite, dans quelques endroits, les sulfates de cuivre obtenus par le lavage des mattes ou contenus dans les eaux des mines par la cémentation. La cémentation consiste ici simplement à déposer des barres de fer dans des bassins où on fait arriver des eaux sulfatées. Une quantité de fer équivalente au cuivre contenu dans les eaux sulfatées se dissout, et le cuivre se précipite en poudre.

Il est bon de faire couler l'eau sulfatée sur le fer et de la renouveler sans cesse : l'opération marche plus vite, le fer se trouvant continuellement à découvert. L'emploi d'un courant électrique facilite beaucoup et hâte la précipitation. En agissant directement sur les minerais par voie humide, on n'a guère réussi jusqu'alors à y trouver de l'avantage qu'avec les minerais oxydés ou carbonatés très-pauvres et à gangue quartzeuse. Dans les localités où le combustible est rare, une gangue qui ne puisse absorber d'acide est une grande condition pour réussir; si la gangue était par exemple du carbonate de chaux, on emploierait une trop grande quantité d'acide pour que l'exploitation soit possible.

E. GAUPILLAT.

## CHAPITRE III. — PLOMB.

### I.—MINERAIS DE PLOMB.—GISEMENT ET EXPLOITATION.

Le plomb est un des métaux les plus importants par ses nombreuses applications dans les arts; il y est employé à l'état métallique, sous forme de litharge, de minium, de sels divers.

Celui qu'on rencontre dans le commerce est ordinairement assez pur, mais il contient toujours des traces d'argent; il peut contenir encore du cuivre, de l'antimoine, de l'arsenic. Ces métaux proviennent des minerais où ils existaient en même temps que le plomb; ils altèrent ses propriétés, et diminuent par suite sa valeur commerciale.

Les minerais de plomb les plus importants sont le sulfure de plomb ou galène et le carbonate; de ces deux minerais la galène est de beaucoup le plus répandu.

On rencontre la galène dans presque tous les étages des terrains, géologiques. Elle forme des filons, des amas. On la trouve aussi en veines ou en grains dans des grès et des sables. La galène pure contient 13,2 de soufre et 85,2 de plomb pour 100. Elle est souvent mêlée aux pyrites de fer et de cuivre, au cuivre gris, à la blende, au sulfure d'antimoine; elle contient toujours une certaine quantité de sulfure d'argent. Lorsque la proportion d'argent renfermé dans la galène s'élève à  $\frac{2}{10000}$  seulement, le minerai devient double; le mode de traitement n'est toutefois pas changé; on extrait le plomb comme à l'ordinaire, puis on retire par la *coupe* l'argent qui s'y est concentré. Les galènes qui ne contiennent que  $\frac{2}{10000}$  d'argent sont dites galènes *pauvres*; celles qui en renferment  $\frac{4}{10000}$  sont dites galènes *riches*.

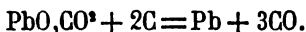
Le carbonate de plomb se trouve presque toujours à la partie supérieure des filons ou des amas de galène; aussi semble-t-il dans ce cas résulter de l'altération de cette dernière. L'analyse du carbonate de plomb indique qu'il contient 83,5 pour 100 de plomb. Ce minerai, comme nous le verrons, est beaucoup plus facile à traiter que la galène.

On rencontre encore dans la nature d'autres minéraux contenant du plomb. Les principaux sont: le sélénure, le chlorophosphate, le chloroarséniate, le sulfate et le chomate. Ces minéraux ne sont en général pas assez abondants pour constituer de véritables minerais.

Les gangues terreuses qui accompagnent le plus souvent les minerais de plomb sont le quartz, le spath-fluor, le sulfate de baryte et la chaux carbonatée. On doit se débarrasser autant que possible des gangues par la préparation mécanique. Les minerais à gangue de quartz ou de sulfate de baryte sont difficiles à enrichir beaucoup, sans qu'il y ait perte notable de plomb et d'argent. aussi aime-t-on mieux en général ne pas pousser l'enrichissement très-loin. La chaux carbonatée et le spath-fluor peuvent être au contraire presque complètement séparés des minerais qu'ils accompagnent; les produits de la préparation mécanique sont alors très-riches.

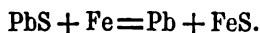
## II. — TRAITEMENT MÉTALLURGIQUE DES MINÉRAIS DE PLOMB.

Le traitement métallurgique applicable au carbonate de plomb est très-simple : il consiste à fondre ce minerai mêlé à du charbon dans des fours à réverbère. La réaction qui intervient est représentée par la formule suivante :



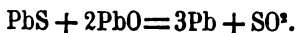
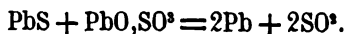
Le plomb se produit très-facilement ; le plus souvent le carbonate de plomb se trouve associé à la galène ; il subit alors forcément le même traitement qu'elle.

Le traitement de la galène se fait par deux méthodes différentes. Dans la première, on fond la galène avec du fer métallique, le fer s'empare du soufre et le plomb devient libre ; cette réaction est représentée par la formule :



Cette méthode est quelquefois nommée *méthode par précipitation*.

Dans la deuxième méthode, plusieurs réactions interviennent : le sulfure de plomb grillé se transforme en partie en oxyde, et en sulfate. Si l'on fond la matière grillée, les réactions suivantes se produisent :



Cette méthode porte le nom de *méthode par réactions*.

Le traitement de la galène se fait par chacune des deux méthodes que nous venons d'indiquer, soit dans des fours à réverbère, soit dans des fours à cuve.

Le traitement au four à réverbère n'est applicable qu'aux minerais riches ; et si on emploie la méthode par réactions, on ne peut pas traiter de minerais à gangue de quartz, car 4 ou 5 pour 100 de cette matière rendent la production du plomb extrêmement difficile.

Le traitement au four à cuve s'applique aux minerais de toute nature, mais qui ne sont pas assez riches pour être traités au four à réverbère.

Nous allons décrire les quatre méthodes types de traitement de la galène ; puis nous donnerons quelques exemples des principales de ces méthodes.

## TRAITEMENT DE LA GALÈNE AU FOUR A RÉVERBÈRE.

*Traitement par le fer.*—Le four à réverbère employé (fig. 410 et 411) a des dimensions assez petites, parce qu'on doit y produire une température élevée. F est le foyer où l'on brûle de la houille ou du bois, *p* est le pont de chauffe. La sole S est inclinée vers la porte de travail P, placée à l'extrémité du four; elle forme en

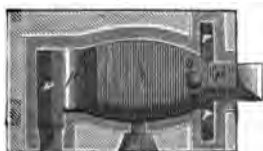


Fig. 411 et 412. — Traitement de la galène par le fer au four à réverbère.

cet endroit un bassin B, qui reçoit à la fin de l'opération les matières fondues. La fumée sort du four par les rampants RR. Un bassin extérieur en fonte B est disposé dans l'embrasure de la porte de travail.

La galène, mêlée à 35 pour 100 de ferraille ou de fonte, est chargée sur la sole par une porte latérale située près du pont de chauffe.

On élève rapidement la température pour obtenir la fusion pâteuse des matières; on brasse pour bien répartir le fer dans la masse. La réaction que nous avons indiquée se produit: du plomb et du sulfure de fer prennent naissance. Au bout d'un certain temps, le fer a disparu, les produits de l'opération bien fondus sont réunis dans le bassin du four. Ces produits sont du plomb métallique, une *matte plombreuse*, mélange de sulfures de plomb et de fer et une scorie.

On fait écouler le plomb dans le bassin extérieur par le trou de coulée; la matte et la scorie sortent ensuite et se répandent sur le sol, on les enlève lorsqu'elles sont solidifiées.

Le plomb que l'on a obtenu n'est pas pur, on le maintient fondu en entretenant un peu de feu sous la chaudière B', et on le purifie en y plongeant du bois vert; le dégagement de gaz produit amène les matières étrangères à la surface; on les enlève, puis on coule le plomb en lingots.

La principale partie du plomb produit, dans le procédé de traitement que nous venons de décrire, provient de l'action du fer ajouté et de celui des outils sur le sulfure de plomb, mais il y en a aussi une certaine quantité produite par réactions.

La proportion de fer consommée est de 35 à 40 pour 100 du poids du minerai traité; aussi le procédé est-il fort coûteux. Les minerais qui contiennent 85 pour 100 de plomb en produisent seulement 70 à 72 pour 100. La matte et la scorie sont jetées. Toutes ces causes rendent la méthode inférieure au traitement au four à manche; aussi n'est-elle applicable que dans un cas tout à fait particulier : lorsque l'on a peu de minerai à traiter, que ce minerai est riche et à gangue quartzreuse; dans ce cas, la simplicité des constructions et des opérations fait passer sur les inconvénients que nous avons signalés.

On peut encore, au lieu de charger le fer dans le four, en même temps que le minerai, ne l'ajouter qu'après coup. Ainsi, on fait subir à la matière un grillage, et on produit déjà une certaine quantité de plomb par réactions; on ajoute ensuite le fer qui précipite le plomb contenu dans le sulfate et le silicate formés et dans le sulfure non décomposé. La proportion de fer ajoutée est alors beaucoup moindre que dans le premier cas; elle est de 10 pour 100 du poids du minerai, mais on brûle beaucoup plus de combustible et on perd plus de plomb par volatilisation.

*Traitement par la méthode de réactions.* — Ce procédé de traitement est extrêmement important; il est en usage dans un grand nombre d'usines.

Les fours employés sont de dimensions et de formes très-variées; les détails de l'opération diffèrent souvent beaucoup d'une usine à l'autre, mais la marche générale est toujours la même.

La première partie de l'opération est le grillage; le minerai est chargé sur la sole, on porte rapidement la température au rouge sombre, on remue constamment les matières pour que l'oxydation soit bien uniforme; il se produit de l'oxyde et du sulfate de plomb; lorsque la proportion de ces matières est suffisante, on élève la température au rouge cerise et l'on brasse énergiquement la masse : le sulfure de plomb non altéré réagit sur l'oxyde et le sulfate, il y a production de plomb métallique. Quand le plomb cesse de couler, on procède à un nouveau grillage en faisant baisser la température, puis on donne un deuxième coup de feu qui fait encore couler du plomb. On renouvelle ainsi ces opérations tant que l'on peut obtenir du métal.

A la limite, les matières qui restent sur la sole commencent à fondre sous l'influence de la température qui est très-élevée; ces matières contiennent de l'oxyde de plomb, du sulfate, du silicate formé avec de la silice prise à la sole et du sulfure; il y a là les

éléments nécessaires à la production du plomb, et cependant cette production cesse : cela tient soit à ce qu'il y a combinaison de l'oxyde de plomb avec le sulfure, l'oxysulfure formé étant indécomposable par la chaleur seule, soit à ce que la fusion complète des matières, au lieu de favoriser le contact, l'empêche d'être aussi intime qu'auparavant, cela en ce sens que les matières tendent à se séparer, et que le brassage a bien moins d'action que dans la première période du travail.

Il est encore possible de retirer une certaine quantité de plomb du mélange de matières que l'on nomme oxysulfures, en pratiquant le *ressuage*. Cette opération se fait en ajoutant de la chaux ou du charbon aux matières fondues : on brasse fortement et on donne un coup de feu ; du plomb s'écoule, il reste sur la sole des crasses que l'on retire du four.

Le charbon et la chaux agissent mécaniquement en rendant les matières moins fluides, par suite en permettant de mieux les brasser et de favoriser le contact des produits oxydés et du sulfure ; mais outre l'action mécanique, il y a aussi une action chimique particulière. Dans le cas de l'emploi du charbon, le plomb est produit par l'action réductrice de ce corps sur les produits oxydés. Les crasses de l'opération renferment une assez grande proportion de sulfure. Quand on emploie la chaux, l'action a lieu principalement sur le sulfure ; sous l'influence des flammes oxydantes, il se forme du sulfate de chaux, et du plomb est mis en liberté. Les crasses sont formées principalement de produits oxydés.

Lorsqu'on traite des minerais argentifères, on doit employer de préférence le *ressuage* par la chaux ; car, dans ce cas, les crasses, renfermant très-peu de sulfure de plomb, renferment aussi très-peu d'argent.

Les crasses du traitement au four à réverbère doivent être repassées au four à manche, quoique leur teneur en plomb soit généralement assez faible. On pourrait toutefois se dispenser de cette opération si le minerai n'était pas argentifère.

Le plomb obtenu pendant les diverses périodes de l'opération s'est rendu, au fur et à mesure de sa production, dans un bassin de réception extérieur au four ; ou bien il s'est rassemblé dans un bassin intérieur ; on le fait passer dans le bassin extérieur, lorsque l'opération est terminée. Ce plomb est purifié par un bouillonnement produit en y plongeant du bois vert, les matières étrangères viennent à la surface ; on écume le bain, puis on coule le plomb en lingots.

Si le minerai n'est pas argentifère, le plomb obtenu peut être vendu immédiatement; dans le cas contraire, la presque totalité de l'argent s'est concentrée dans le plomb, qui reçoit alors le nom de *plomb d'œuvre*; on en extrait l'argent par des opérations que nous décrirons plus tard : la coupellation immédiate ou précédée du *pattinsonage*.

Dans le traitement des minerais au réverbère, il y a toujours perte notable de plomb et d'argent par volatilisation de ces deux métaux, et par entraînement des matières fines au commencement de l'opération. Quoique la perte soit ici beaucoup moins forte que dans le traitement au four à cuve, il y a encore intérêt à la diminuer en employant des appareils de condensation. Les matières que l'on recueille dans ces appareils portent le nom de *fumées*; elles sont composées d'oxyde, de carbonate et de sulfate de plomb.

Les minerais que l'on peut traiter par la méthode de réactions au réverbère doivent être riches et ne contenir que peu ou point de silice et de silicates; en effet, ces matières, à la proportion de 5 pour 100, rendent l'opération très-difficile, et, à la proportion de 10 pour 100, l'empêchent d'une manière complète.

#### TRAITEMENT DE LA GALÈNE AU FOUR A CUVE.

On emploie les fours à cuve pour le traitement des minerais, lorsqu'ils ne sont pas très-riches ou que leur gangue est quartzeuse. La méthode de traitement par le fer est de beaucoup moins répandue que la seconde méthode.

*Traitement par le fer.* — Les fours que l'on emploie (fig. 413), sont des demi-hauts fourneaux de 5 à 6 mètres d'élévation; leur section est un rectangle. La partie inférieure de ces fours est formée par un bassin intérieur B, avec avant-creuset. A est une masse de brasque dans laquelle sont ménagés le bassin intérieur et l'avant-creuset. O est l'ouverture de chargement au niveau du gueulard G; O' est l'ouverture de départ de la fumée. L'air est lancé dans le four par une tuyère placée dans l'ouverture T. Lorsqu'une opération commence, un ouvrier forme avec les scories le *nez de la tuyère* : c'est un canal qui amène l'air dans le combustible chargé contre la face antérieure du four ou *poitrine*.

Pour des minerais contenant de 65 à 70 pour 100 de plomb, on ajoute, pour former les lits de fusion, 12 à 14 pour 100 de fonte et 15 pour 100 de scories de forge. Ces matières sont chargées contre la face de la tuyère ou *warne*; le combustible l'est, comme on l'a déjà dit, contre la poitrine.

Les matières descendent dans le four en s'échauffant progressivement. Si le minerai contient du carbonate de plomb, ce dernier se réduit dans la partie supérieure du four ; le plomb produit, ayant à descendre de très-haut dans le creuset, est soumis sur ce parcours à l'action d'un courant de gaz très-chauds, il y en a une très-grande partie de volatilisée. Il y a aussi perte de plomb par entraînement des matières fines des lits de fusion par le courant gazeux. Ces faits sont généraux pour les différents procédés de traitement au four à cuve ; les pertes sont beaucoup plus grandes que dans le traitement au four à réverbère ; aussi l'établissement d'appareils de condensation pour les fumées est-il bien plus indispensable encore que dans ce dernier cas.

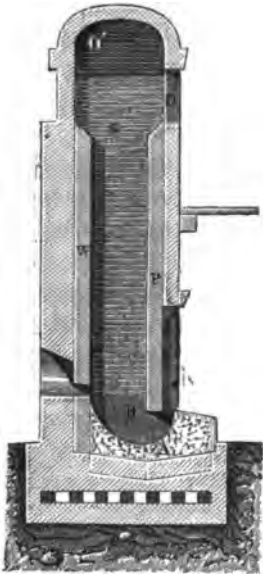


Fig. 413. — Four à cuve pour la réduction de la galène par le fer.

C'est seulement à une petite distance de la tuyère que le sulfure de plomb entre en fusion et que l'action de la fonte se produit ; du plomb métallique et du sulfure de fer prennent naissance. Le sulfure de fer formé s'unit avec une partie du sulfure de plomb non décomposé, et produit ainsi la *matte*.

Les scories très-ferrugineuses ajoutées dans les lits de fusion, servent de fondant aux gangues terreuses ; en même temps, une partie de leur oxyde de fer est déplacé et réduit : il donne du fer métallique qui produit une nouvelle quantité de plomb.

Les matières fondues tombent dans le creuset, elles s'y séparent par ordre de densité. Les scories s'écoulent d'une manière continue, par-dessous la poitrine, sur le sol de l'usine. Lorsque le creuset contient une quantité suffisante de métal, on le fait couler dans un bassin extérieur, en débouchant un canal de communication qui est ménagé dans la brasque ; on enlève la scorie qui est à la partie supérieure du bain, puis la *matte* par plaques successives, à mesure qu'elle se solidifie ; le plomb est ensuite coulé dans des lingotières.



On peut substituer, souvent avec économie, les minerais de fer à la fonte; ces minerais, réduits dans la partie supérieure du four, donnent du fer métallique qui agit avec plus d'énergie encore que la fonte, en raison de sa division.

Les mattes qui proviennent de l'opération contiennent une quantité de plomb importante; on leur fait subir un traitement particulier. Elles sont grillées en tas sur un lit de combustible; le grillage dure cinq à six semaines. Les mattes grillées sont associées aux différents résidus des opérations, puis on les fond dans des fours à cuve très-élevés; on doit obtenir autant que possible tout le plomb à l'état métallique, et éviter la formation d'une nouvelle matte.

Le traitement que nous venons de décrire est applicable aux minerais à gangue quartzeuse, riches en plomb et pauvres en argent. — Cette méthode n'est jamais économique, on ne peut l'employer sans trop de frais que dans les localités où la fonte est à bas prix.

*Traitement par la méthode de réactions.*—Ce traitement, beaucoup plus employé que le précédent, est appliqué à des minerais de toute espèce, argentifères ou non, et souvent assez pauvres en plomb; il se compose de deux opérations: le grillage et la fonte des minerais grillés.

Les minerais sont grillés en tas, entre murs ou dans des fours à réverbère.

Le grillage en tas sur un lit de combustible ou le grillage entre murs, le combustible étant divisé en plusieurs lits, ne sont pas applicables à tous les genres de minerais, et de plus, les produits obtenus ne sont pas de composition régulière. Le seul avantage de ces procédés de grillage est l'économie.

Le grillage dans les fours à réverbère est bien préférable, il est applicable aux minerais de toute nature. Les réverbères employés sont à une ou à deux soles, le résultat final obtenu est toujours le même. (Voir le four de grillage de Vialas.) Dans la première partie de l'opération, on n'élève la température qu'au rouge sombre, l'air qui pénètre dans le four est très-oxydant; il se forme de l'oxyde et du sulfate de plomb. Lorsque l'oxydation produite est suffisante, on porte rapidement la température au rouge vif pour produire la décomposition du sulfate par la silice, et pour agglomérer les matières. Le minerai grillé et aggloméré est retiré du four; lorsqu'il est refroidi, il est cassé et porté aux fours à cuve.

Les fours que l'on emploie sont de dimensions très-variées; les uns, les hauts fourneaux, ont jusqu'à 7 mètres d'élévation; d'autres, les fours écossais, n'ont que 1 mètre de hauteur.

Les lits de fusion sont formés du minerai grillé et aggloméré, des divers résidus des opérations (fumées, litharges impures, abstrichs et abzugs de coupellation, débris de fours, scories riches) et de fondants pour les gangues terreuses; on ajoute souvent de la fonte, des minerais de fer ou des scories de forge: ces matières aident à la précipitation du plomb.

Le chargement se fait comme dans le traitement précédent; la fonte n'a rien de particulier.

Le plomb est produit par différentes actions que nous connaissons déjà en partie: action des gaz sur les produits oxydés pulvérulents, dans la partie supérieure du four; dans la partie inférieure, action, les unes sur les autres, des matières contenues dans le minerai grillé; action, sur ces mêmes matières, du fer ajouté ou produit et du charbon. La majeure partie du plomb obtenu résulte de la réduction du silicate par le fer et le charbon. Les produits de l'opération sont du plomb, de la matte en petite quantité et des scories.

La matte est ajoutée aux minerais pour subir le grillage, les scories repassent dans les lits de fusion, si elles contiennent plus de 2 pour 100 de plomb.

On peut, dans ce mode de traitement, supprimer l'emploi des matières ferrugineuses; le grillage dans ce cas doit être poussé assez loin pour que la totalité du minerai soit oxydée, la réduction du minerai est alors produite par du charbon que l'on mêle intimement aux lits de fusion.

Nous avons vu que dans les deux méthodes de traitement au four à manche, on a l'habitude d'ajouter les produits oxydés pulvérulents: fumées, litharges impures, dans la fonte des minerais grillés ou dans celle des résidus. Ce fait augmente d'une manière considérable la perte de plomb par volatilisation; on réduirait cette perte en fondant séparément les matières indiquées, dans un four à réverbère ou dans un four à cuve très-bas, après leur avoir ajouté 10 à 12 pour 100 de charbon; que l'on prenne ou non cette précaution, il est indispensable d'établir de vastes appareils de condensation pour les fumées, car sans cela, la perte en plomb serait très-importante; nous dirons, à ce propos, que les appareils de condensation qui surmontent généralement les fours à cuve en Allemagne sont tout à fait insuffisants.

Nous avons décrit les procédés généraux de traitement des minerais de plomb, nous allons donner maintenant quelques exemples des principaux de ces procédés.

#### MÉTHODE CARINTHIENNE.

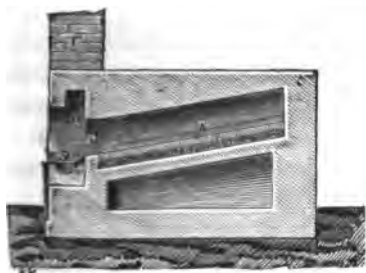
Le traitement adopté en Carinthie est le traitement au réverbère par réactions.

La disposition du four est indiquée par les fig. 414, 415 et 416. La sole S est inclinée régulièrement vers la porte de travail P, suivant un angle de 10 degrés; elle a environ 3<sup>m</sup>50 de longueur et 1<sup>m</sup>50 de largeur. La voûte a la même inclinaison que la sole. Le foyer est latéral; il est formé par des arceaux en maçonnerie.



Les gaz sortent du four par la porte de travail; ils se rendent dans la che-

minée C par le rampant R. La sole présente une section courbe;



elle est formée par une couche d'argile damée, surmontée d'une autre couche de crasses de l'opération. Un bassin de réception en brasque B est ménagé dans l'embrasure de la porte de travail.

Le minerai que l'on traite est de la galène contenant de 65 à 75 pour 100 de plomb; il ne renferme pas assez d'argent pour qu'on puisse coupler avec avantage le plomb obtenu.

Le combustible que l'on emploie est du bois résineux en bûches de la longueur du foyer.

L'opération est conduite de la manière suivante : on a

Fig. 414, 415 et 416.—Traitement de la galène par la méthode carinthienne.

remis la sole en état après l'opération qui vient de se terminer, au moyen d'un battage avec de longs ringards. On charge, sur la partie supérieure de la sole, 200 kilogr. de minerai à l'état de

schlich. Le four étant encore à une température supérieure au rouge sombre, la galène s'échauffe rapidement; le grillage dure trois ou quatre heures; pendant ce temps, l'ouvrier remue plusieurs fois les matières avec un râble pour rendre l'oxydation régulière. Le grillage ayant atteint le point voulu, on donne un coup de feu, on brasse fortement, le plomb se produit et s'écoule dans le bassin extérieur. Lorsque le plomb cesse de couler, on procède à un nouveau grillage, puis à une nouvelle période de réactions, et ainsi de suite jusqu'à ce que les matières commencent à s'agglomérer; ces matières sont les crasses riches; on les retire du four et on les met de côté pour les traiter avec les crasses de l'opération suivante.

L'opération a duré sept heures; aussitôt qu'elle est terminée, on en fait une seconde, le plomb produit se réunit à celui qu'on a déjà obtenu, le poids total est d'environ 120 kilogrammes. Les crasses riches de la première opération sont mélangées à celles de la deuxième qu'on a laissées sur la sole; on donne un coup de feu qui fait couler une certaine quantité de plomb, puis on procède au ressuage.

Les matières qui restent sur la sole sont composées principalement de produits oxydés; on leur ajoute de la braise incandescente, puis on élève la température et on brasse continuellement; le plomb se produit; lorsqu'il cesse de couler, l'opération est terminée. Les dernières crasses sont jetées, si elles ne contiennent pas de grenailles.

Les deux opérations et le ressuage durent en tout vingt-trois heures.

Le plomb recueilli est coulé en plaques sur le sol, puis purifié par une fonte nouvelle dans le four; il laisse sur la sole les corps étrangers qui le salissaient; on le coule ensuite en lingots.

Le poids de métal obtenu est de 240 kilogrammes en moyenne, ou 60 pour 100 du poids du minerai.

La consommation de combustible pour une tonne de minerai traité est de 1 t. 60. L'usure des outils, dans le même cas, s'élève à 2 kilogrammes ou 2 kilogrammes et demi; il y a donc une certaine quantité de plomb produite par précipitation.

Le procédé carinthien est très-simple; mais il n'est pas économique; il est bien inférieur sous ce rapport au procédé anglais dont la description suit.

## MÉTHODE DU PAYS DE GALLES.

Les minerais que l'on traite dans le pays de Galles sont en général très-riches : ils contiennent 75 à 80 pour 100 de plomb ; leur teneur en argent est faible.

Les fours à réverbère employés sont de très-grandes dimensions ; ils ont 3 à 4 mètres de longueur et 2 à 3 mètres de large, un exemple en est indiqué par les fig. 417 et 418. F est le foyer, p le pont de chauffe. Les portes P sont au nombre de six. La sole S, formée par un mélange de sable et de scories pauvres, a une inclinaison générale vers le bassin intérieur B. Le bassin extérieur

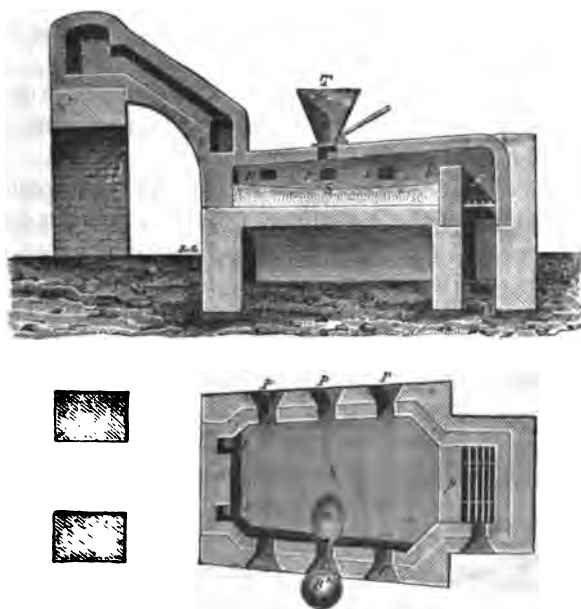


Fig. 417 et 418.—Traitement de la galène par la méthode anglaise.

B est en brasque ou en fonte. Les produits de la combustion se rendent par deux rampants dans un conduit horizontal commun pour tous les fours, et qui mène les gaz à la cheminée générale de l'usine. Ce conduit est supporté par des arceaux en maçonnerie.

Le chargement se fait au moyen de la trémie T, placée à peu près au milieu du four : on étend uniformément le minerai sur la sole. Le four est très-chaud au moment du chargement, l'oxy-

dation est très-rapide ; au bout de deux heures, le grillage est convenable. On ferme les portes du four, on donne un coup de feu et on brasse fortement les matières ; le plomb s'écoule dans le bassin intérieur. On poursuit le traitement par alternances de grillages et de coups de feu. La température monte graduellement pendant ces opérations. Cinq heures après le chargement, toutes les matières sont en fusion et se sont réunies dans le bassin intérieur. — Les produits obtenus sont le plomb, une petite quantité de matte et les oxysulfures. On rejette sur la sole les oxysulfures mêlés à de la chaux, on leur fait subir le ressuage ; cette opération dure une heure. Les crasses sont retirées du four, puis on procède à la coulée. La matte obtenue rentre dans le traitement des minerais ; le plomb est purifié comme à l'ordinaire, puis coulé en lingots.

On traite, par jour, dans un réverbère, quatre charges de 1 tonne chacune ; on brûle deux tonnes de houille et on emploie 160 kilogrammes de chaux.

Une tonne de minerai contenant 80 pour 100 de plomb donne 630 kilogrammes de plomb d'œuvre et 250 kilogrammes de crasses contenant encore 100 kilogrammes de plomb environ.

Les crasses sont traitées dans des fours à cuve qui ont 0<sup>m</sup>,60 à 1 mètre de hauteur (fig. 419). Les parois latérales de ces fours sont en grès, la face de la tuyère T et la poitrine P sont en fonte, ainsi que la sole S. Une hotte surmonte chacun des fours et communique avec un conduit horizontal aboutissant aux appareils de condensation. Le vent est lancé dans le four par la tuyère T. La sole est recouverte d'une couche de brasque.

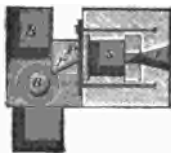


Fig. 419 et 420. — Four à cuve pour la fonte des crasses.

On ajoute aux crasses, pour former les lits de fusion, différents débris de fours et des scories riches des opérations précédentes.

Les crasses contiennent le plomb à l'état d'oxyde et de sulfate ; ces composés sont réduits par les gaz carburés, le charbon et les parois métalliques. Le plomb produit est conduit par une rigole *r*, ménagée dans la plaque de sole, au bassin de réception B. Les scories coulent sur la plaque de sole et se déversent dans une bêche B' contenant de l'eau. Le bassin de réception est une chau-

dière en fonte chauffée à feu doux ; le plomb recueilli est coulé en lingots, quand le bassin est plein.

Les scories contiennent une assez grande quantité de grenailles de plomb que l'on en retire par la préparation mécanique.

On traite en vingt-quatre heures trois tonnes de crasses, qui produisent environ une tonne de plomb.

La condensation des fumées est produite en Angleterre dans des cheminées traînantes dont la section est de 2 mètres sur 1<sup>m</sup>,50, et qui ont un développement de 4 à 5 kilomètres.

On emploie aussi un autre système de condensation : il consiste à faire arriver les gaz dans une chambre divisée en compartiments séparés par des cloisons alternantes. Les gaz, en descendant dans chacun des compartiments, reçoivent une pluie d'eau froide ; pour passer des uns dans les autres, ils sont obligés de barbotter dans l'eau, dont le niveau est maintenu un peu plus élevé que le bord inférieur des cloisons descendantes. Une machine aspire les gaz et les refoule dans la cheminée de l'usine. Les boues qui se forment dans l'appareil en sortent par des trop-pleins ; on les laisse déposer ; les fumées recueillies sont traitées comme il a été indiqué. Cet appareil de condensation, meilleur que tous ceux qu'on emploie généralement, n'est applicable que dans les usines très-importantes, à cause des dépenses que sa construction entraîne.

Le plomb obtenu en Angleterre est généralement argentifère, nous verrons plus loin quelle est la méthode employée pour en retirer l'argent.

#### MÉTHODE DE VIALAS (LOZÈRE) <sup>1</sup>.

Le traitement se fait au four à manche, par la seconde méthode.

Le minerai traité contient 45 à 50 pour 100 de plomb et 190 grammes d'argent par 100 kilogr., en moyenne.

Le grillage du minerai est opéré dans des fours à réverbère dont la disposition est indiquée par les fig. 421 et 422. La sole plane du four B est en brique ; elle a 3<sup>m</sup>,50 de long sur 2<sup>m</sup>,60 de large ; il y a deux portes de travail FF, et deux canaux OO', aux angles du pont, permettant l'accès de l'air pendant le grillage. La charge du four est de une tonne de minerai ; la charge précédente étant

<sup>1</sup> Le fond de la description de cette méthode, ainsi que les figures qui l'accompagnent, est emprunté au deuxième volume de l'ouvrage si connu et si estimé, intitulé *Traité de métallurgie théorique et pratique*, par M. Rivot.

retirée, le registre placé dans le rampant du four est fermé pour arrêter complètement le tirage ; l'ouvrier répand alors régulière-

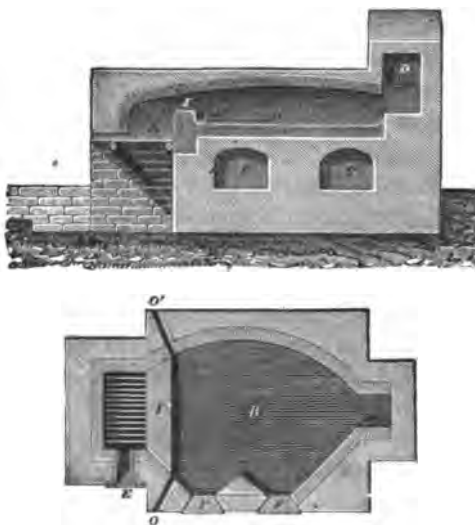


Fig. 421 et 422. — Traitement de la galène à Vialas (Lozère).  
(Four de grillage.)

ment la charge sur la sole ; les portes sont ensuite fermées, le registre ouvert, et la température portée lentement au rouge sombre. On n'ouvre les canaux d'accès d'air qu'au bout de deux heures.

L'ouvrier commence à travailler les matières lorsque le courant gazeux ne les entraîne plus pendant l'action des outils : c'est après quatre heures de chauffe environ que ce résultat est atteint. Le travail au râble dure six heures ; il doit être conduit de manière que le grillage soit aussi régulier que possible. Le grillage proprement dit terminé, le minerai ne contient plus que très-peu de sulfure, mais il contient beaucoup de sulfate. La deuxième période de l'opération a pour but de décomposer le sulfate formé et de produire l'agglomération des matières ; on ne doit pas pousser le chauffage assez loin pour que la fusion soit complète : les portes du four et les canaux d'accès d'air sont fermés ; on élève la température au rouge vif. Lorsque la matière voisine du pont est agglomérée, on la retire du four, puis on approche successivement les diverses autres parties de la charge pour leur faire subir la même opération.



Les matières retirées du four sont très-poreuses; cela tient au dégagement d'acide sulfureux provenant de la décomposition du sulfate.

L'opération totale du grillage dure seize heures; elle consomme environ 350 kilogr. de houille.

Le minerai grillé est cassé, puis on en forme les lits de fusion pour les fours à manche; la composition de ces lits est la suivante :

Minerai grillé et aggloméré.....	1,000
Sulfate de baryte.....	40
Minerai de fer.....	35
Abstrichs et fonds de coupelles.....	179
Scories de l'opération.....	400

Les fours à manche employés à Vialas sont de petites dimensions; ils ont 1<sup>m</sup>,50 seulement de hauteur; leur disposition est indiquée par les figures 423 et 424. La chemise intérieure de ces fours est construite en micaschistes. La cavité du creuset

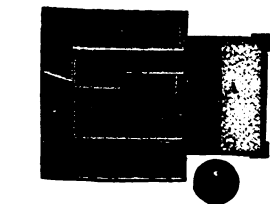
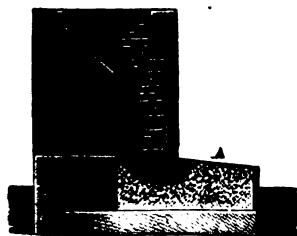


Fig. 423 et 424. — Fours de réduction employés à l'usine de Vialas.

et de l'avant-creuset est pratiquée dans une masse de brasque A, qui est soutenue en avant du four par des plaques de fonte. La brasque est fortement inclinée sur un des côtés pour que les scories puissent s'écouler facilement. Le canal de coulée part de la partie inférieure du creuset; il aboutit à un trou percé dans une des plaques de fonte, au-dessus du bassin extérieur B. Ce bassin est en brasque; il est ménagé dans le sol.

Les campagnes des fours à manche durent de huit à treize jours; elles sont conduites comme il suit :

Le four à manche étant réparé depuis plusieurs jours, à la suite de la campagne précédente, on y met le feu; on monte progressivement le combustible; après cinq à six heures de chauffe, le bas du four est au rouge et le niveau du combustible est aux deux tiers à peu près de la hauteur que doivent occuper les charges; on commence alors à donner un peu de vent, on charge des scories contre la warme. On emplit progressivement le four de coke et de sco-

ries; aussitôt que celles-ci arrivent fondues devant la tuyère, on essaye de former le nez. La formation du nez, qui doit avoir 20 cent. de long, demande de quatre à cinq heures; lorsque ce résultat est atteint, on commence à charger les lits de fusion contre la warme, le coke étant chargé contre la poitrine. Les scories que l'on passe d'abord échauffent le creuset et l'avant-creuset; elles se déversent de celui-ci sur la brasque.

La première coulée du plomb a lieu douze heures après le commencement de l'opération. Jusqu'à ce que la marche normale soit atteinte, la quantité de vent lancé va en augmentant, ainsi que le nombre des charges. La proportion de vent lancé atteint 7 à 8 kilogr. par minute.

Pendant les trois premiers jours de marche, les coulées se font de quatre en quatre heures; du quatrième jour au huitième, elles se font de trois en trois heures, et du huitième jour à la fin de la campagne, elles ne sont plus séparées que par un intervalle de deux heures.

La marche du four doit avoir lieu à gueulard sombre; lorsque le nez de la tuyère est percé ou détruit, on ne peut plus maintenir le feu à une hauteur convenable, le gueulard est trop chaud et l'avant-creuset s'engorge; il faut mettre hors feu, si on ne peut pas réparer promptement le nez.

Lorsque le nez reste en bon état, la fin de la campagne est amenée par la détérioration des parois du four qui sont progressivement rongées par les matières en fusion. La mise hors feu s'exécute en passant des scories au lieu de minerai et laissant tomber peu à peu le niveau des charges.

Dans le traitement que nous venons de décrire, la presque totalité du plomb est produite par l'action du charbon sur le minerai grillé.

Les produits de l'opération qui ont été recueillis dans le bassin extérieur sont du plomb, parfois une petite quantité de matte et des scories. Les scories rentrent dans les lits de fusion, la matte est grillée avec le minerai; le plomb d'œuvre est moulé en lingots; il est ensuite coupellé par la méthode allemande.

### III.—COUPELLATION DU PLOMB D'ŒUVRE.

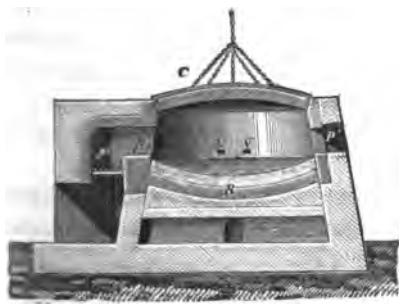
Le plomb d'œuvre, obtenu par les différentes méthodes que nous avons décrites, doit être traité de façon à en retirer l'argent contenu. On obtient ce résultat pour des plombs suffisamment

riches par la coupellation immédiate. Si les plombs sont pauvres, et si on en a une grande quantité à traiter, il y a un grave intérêt à faire précéder la coupellation de l'enrichissement préalable du plomb au moyen de la cristallisation ou pattinsonage.

La coupellation peut se faire par deux méthodes : la méthode allemande et la méthode anglaise.

#### COUPELLATION ALLEMANDE.

Les fours que l'on emploie dans ce procédé sont des espèces de fours à réverbère dont les dimensions varient, mais dont la disposition générale est toujours la même. La sole S est concave et ronde : elle a de 2<sup>m</sup>,50 à 3<sup>m</sup>,50 de diamètre ; la voûte est formée



par un couvercle ou chapeau mobile en tôle C, revêtu intérieurement d'argile.

La paroi circulaire du four est percée de plusieurs ouvertures : la première correspond au foyer F, la seconde est la porte de travail P ; la troisième P', qui fait face au foyer, sert à la sortie des gaz et au chargement du four ; enfin, une ou deux petites ouvertures VV, correspondent aux tuyères qui lancent l'air nécessaire à l'oxydation du plomb.

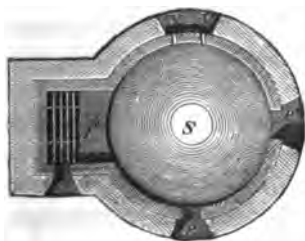


Fig. 425 et 426. — Coupellation allemande.

La sole du four est formée de marne ; cette matière doit être humectée d'eau bien uniformément, puis travaillée de façon à ce qu'elle fasse pelote à la main. Le four étant froid, on brise l'ancienne coupelle, puis la marne, préparée comme il vient d'être dit, est pilonnée dans le four au-dessus du fond fixe en brique B. Cette opération doit être faite avec beaucoup de soin ; sans cela, la coupelle se gerce au feu.—A défaut de marne, on emploie un mélange de calcaire et d'argile dans la proportion

de 7 parties de la première matière pour 1 de la seconde ; ce mélange doit être aussi intime que possible.

L'épaisseur de la sole au centre est de 0<sup>m</sup>,15 au moins.

Le combustible que l'on brûle dans ces fours est quelquefois de la houille maigre, le plus souvent du bois en fagots. Ce dernier est de beaucoup préférable, parce que la flamme qu'il donne est plus oxydante.

Le chargement du plomb étant opéré, on replace le couvercle, on le lute, puis on commence à chauffer. Le plomb n'est entièrement fondu qu'au bout de plusieurs heures. Le bain est alors recouvert d'une croûte pâteuse, formée principalement par les oxydes des métaux étrangers. Ces matières portent le nom d'*abzugs* ; on les fait sortir avec un râble par la porte de chargement. La température du bain est portée au rouge sombre ; on retire du four des crasses de plus en plus riches en oxyde de plomb et qui portent le nom d'*abstrichs*. Au bout d'un certain temps, les produits oxydés sont assez riches pour couler d'eux-mêmes, hors du four, par la porte P. Ces produits sont les litharges sauvages.

Ce n'est que lorsque les litharges qui coulent sont à peu près pures que l'on doit donner le vent ; la température est montée alors jusqu'au rouge vif.

Le vent a pour effet d'oxyder plus rapidement le plomb et de chasser la litharge produite vers la rainure de sortie pratiquée dans la coupelle. La rainure doit être descendue en même temps que la surface du bain descend elle-même ; le bord inférieur de la rainure doit être maintenu entre la surface du plomb et celle de la litharge.

Les litharges qui coulent du four se solidifient sur la paroi et sur le sol, ou bien elles sont reçues dans des pots en fonte.

Vers la fin de l'opération surtout, il devient difficile d'empêcher une petite quantité du métal de couler avec les litharges ; leur teneur en argent augmente ; on met de côté ces litharges riches.

L'opération se termine par l'éclair ; on doit en ce moment arrêter le vent et cesser de chauffer ; on verse de l'eau sur le gâteau d'argent pour le solidifier, puis on le retire du four avec un rîngard par la porte de travail.

La durée totale de l'opération varie ; pour une charge de 5,000 kilogrammes, elle est de trente heures ; pour une charge de 8,000 kilogrammes, de cinquante heures, et pour une charge de

10,000 kilogrammes, qui correspond au four que nous avons indiqué, elle est de soixante-dix heures.

Les produits de l'opération sont : l'argent brut dont le titre est de 930 à 980 millièmes, les litharges pauvres qui sont vendues ou revivifiées, puis les litharges riches, les litharges sauvages, les abstrichs, les abzugs, qui rentrent dans le traitement des minerais.

L'argent brut est raffiné par fusion dans une coupelle en os calcinés ou dans des creusets de plombagine. Dans le premier cas, la litharge formée est absorbée par la coupelle ; dans le deuxième, elle est scorifiée par du quartz que l'on ajoute à la matière fondue.

Les litharges pures sont vendues à cet état, si cela est possible ; sinon elles sont revivifiées par une fonte simple avec addition de charbon, dans des fours à cuve très-bas, ou mieux encore dans des fours à réverbère. Le plomb fourni par la revivification est du plomb pur, car la plupart des métaux étrangers sont passés à l'état d'oxydes dans les abzugs, les abstrichs et les litharges sauvages.

#### COUPELLATION ANGLAISE.

Dans les usines anglaises, où l'on traite d'énormes quantités de plomb souvent assez pauvre, on n'a pas de débouché pour les litharges ; il fallait donc autrefois, avant la découverte du pattinsonage, revivifier de très-grandes masses de litharges. Maintenant cet inconvénient a disparu, comme nous allons le voir.

Le traitement complet du plomb d'œuvre est le suivant : le plomb est fondu dans un grand réverbère où la plus grande partie des métaux étrangers s'oxyde ; on obtient ainsi du plomb pur, que l'on soumet à la cristallisation ou pattinsonage.

*Pattinsonage.* — Ce procédé est fondé sur ce fait, que lorsque du plomb argentifère est fondu et que sa température s'abaisse jusque vers le point de solidification, il se sépare de la masse de petits cristaux d'un plomb beaucoup moins riche en argent que celui qui reste liquide. Un atelier de pattinsonage est composé d'une batterie de chaudières C, C, au nombre de neuf ou de onze, disposées dans un même massif. Ces chaudières sont toutes semblables ; elles sont en fonte, hémisphériques ; chacune d'elles est chauffée par un foyer particulier. Entre les grandes chaudières, il y en a d'autres plus petites c, c, chauffées à la chaleur perdue des premières ; on y maintient du plomb en fusion.

8,000 à 12,000 kilogrammes de plomb d'œuvre sont fondus dans

la chaudière centrale, la fusion étant complète, on fait tomber le feu et on refroidit le plomb, soit en projetant de l'eau à sa surface,

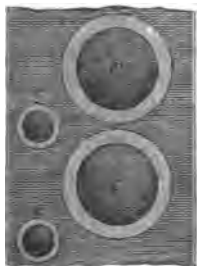


Fig. 427 et 428. — Cuves de patinsonage.

soit en le rejetant sur les bords de la chaudière. Une écumoire sert à enlever les cristaux qui se forment successivement, on les dépose dans la chaudière de droite; la quantité que l'on peut séparer ainsi est des deux tiers du plomb employé. Le métal séparé contient moitié moins d'argent que le plomb d'œuvre; le plomb resté liquide et que l'on transvase dans la chaudière de gauche a au contraire une richesse double. Quand on a recueilli une quantité suffisante de ces deux plombs, on opère sur eux comme sur le plomb primitif. Si on a une série de onze chaudières, on voit que le plomb destiné à la coupellation sera trente-

deux fois plus riche que le plomb d'œuvre, et que le plomb destiné à la vente sera trente-deux fois plus pauvre.

Pendant toute la durée des opérations, il est nécessaire de brasser le plomb, pour rendre la température du bain uniforme et la formation des cristaux régulière.

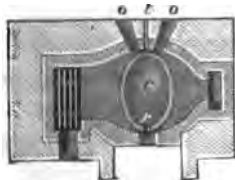
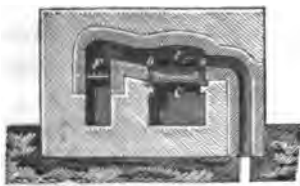


Fig. 429 et 430. — Four de coupellation anglaise.

Les petites chaudières placées entre les grandes servent à nettoyer rapidement les écumaires au moment où on les emploie.

Les écumaires dont le poids est assez fort sont suspendues, pour faciliter les manœuvres, à des chariots mobiles sur des rails au-dessus de la batterie de chaudières.

*Coupellation.* — Le four de coupellation a la disposition indiquée par les fig. 429 et 430. La coupelle C est en os calcinés; elle est maintenue par un cadre en fer; ses dimensions sont 1<sup>m</sup>,50 de long et 1<sup>m</sup> de large.

Des pièces de fer supportent la coupelle à la hauteur voulue dans

le four. Le vent nécessaire à l'oxydation du plomb est lancé par une tuyère placée en *t*.

Le plomb est introduit fondu dans la coupelle, par les ouvertures *o, o*, lorsque la température du four a été portée au rouge sombre. Les litharges produites s'écoulent par la rainure *r*, pratiquée dans la coupelle; elles sont reçues dans des vases mobiles en fonte; on ajoute du plomb fondu de manière à maintenir le niveau du bain constant, car la hauteur de la rainure *r* est invariable.

On divise ordinairement la coupellation en deux parties: dans la première, on amène le plomb à tenir 8 pour 100 d'argent, dans la deuxième, on coupelle cet alliage, jusqu'à production de l'éclair. Cette double opération a pour but de produire une moins grande quantité de litharges riches.

Dans la coupellation anglaise, toutes les litharges sont revivifiées; on porte le plomb produit à l'atelier de cristallisation et à des chaudières différentes, suivant sa teneur en argent.

L'argent brut, qui provient de la deuxième partie de la coupellation, est raffiné comme il a été dit pour la méthode allemande.

E. LESIEUR.

## CHAPITRE IV. — ZINC.

### I.—MINERAIS DE ZINC. — GISEMENT ET EXPLOITATION.

L'emploi du zinc comme métal de grande consommation date seulement de ce siècle, et sa production annuelle en Europe s'élève déjà à 90,000 tonnes. C'est à l'abbé Dony, de Liège, que l'on doit les rudiments de l'appareil pour la réduction de la calamine; mais on peut dire que c'est la famille Mosselman qui a créé cette grande industrie métallurgique, à la tête de laquelle marche la Société de la Vieille-Montagne, fondée par M. le comte Le Hon.

Le zinc est aujourd'hui employé dans les arts sous les formes les plus variées, soit fondu en objets d'art rivalisant avec le bronze, soit laminé, pour couvertures de bâtiments, doublages de navires, etc.

La ferblanterie, la clouterie, la tréfilerie, l'estampage, font de