

Conclusions.

Il suit évidemment de ce qui précède.

1^o. Que la méthode ancienne avec tampon et coins, est la plus dispendieuse et la moins productive, eu égard au minerai exploité.

2^o. Que celle qui consiste à bourrer avec de l'argile, lui est de beaucoup préférable en ce sens, que, la compression étant égale partout, l'effort qui en résulte devient proportionnel à la résistance plus ou moins grande de la roche; mais l'inhabilité des mineurs ne permet pas de la mettre dans une activité permanente, vu la lenteur du tirage de chaque coup de mine.

3^o. Que la méthode du tampon, avec vide, donne un résultat d'autant plus avantageux que le vide est lui-même plus considérable.

4^o. Que l'emploi du gros tampon est encore préférable, surtout quand on ménage un vide entre la cartouche et le gros tampon.

5^o. Enfin, qu'aucun procédé ne paraît être plus profitable que celui du tirage avec le sable, principalement si l'on établit à l'orifice du trou de mine une force de résistance et de compression sur le sable lui-même. Cette innovation réunit à la plus grande économie, la célérité dans l'exécution et la sûreté des mineurs.

N O T I C E

Sur la présence du zinc et du plomb dans quelques mines de fer en grains, des ci-devant provinces de Bourgogne et de Franche-Comté;

Par M. LESCHEVIN, Commissaire des Poudres et Salpêtres,
à Dijon.

L'INTÉRESSANT Mémoire que M. Bouesnel a inséré dans le n^o 169 de ce Journal, sur un produit métallurgique qui se forme dans les hauts-fourneaux du département de Sambre-et-Meuse, m'a rappelé une substance analogue, dont j'ai déposé des échantillons dans la collection de l'Ecole des Mines il y a plusieurs années, et qui provient d'un haut-fourneau du département de la Côte-d'Or. Quelques détails sur cette substance, que l'on retrouve encore dans d'autres usines de ce département et de ceux qui l'avoisinent, me paraissent d'autant plus susceptibles d'intéresser les naturalistes, que jamais, dans l'espèce de minerais de fer qui la fournit, on n'avait soupçonné la présence du zinc, dont ce produit n'est que l'oxyde presque pur; ni celle du plomb qui l'accompagne toujours dans ces mêmes hauts-fourneaux.

Les minerais que l'on emploie dans les hauts-fourneaux des ci-devant provinces de Bourgogne et de Franche-Comté, sont de deux natures bien distinctes, qui diffèrent autant par leurs

caractères extérieurs que par leur gisement dans le sein de la terre, et les qualités des fers qu'ils produisent. Toutes deux appartiennent à l'espèce dite *mine de fer limoneuse, fer oxydé brun granulé* de Brongniart, *fer hydraté compacte* de d'Aubuisson. Je me servirai des noms vulgaires pour les désigner dans cette notice; on les reconnaîtra à leur description.

On distingue dans nos usines les minerais de fer en *mines à grains fins, grises, rouges, noires, mines en roche, minettes et mines en grains* proprement dites.

Les *mines grises, rouges, noires, minettes*, que l'on traite dans les usines des vallées de la Tille, du Lignon, de l'Aube, et dans la partie Nord-Est du département de la Côte-d'Or, se tirent presque généralement de Percey, Mont-Saulgeon, Isôme, Sacquenay, et autres lieux voisins. Elles sont composées de grains sphériques très-fins, tous d'une grosseur à peu près égale, et gissent, en amas, dans le terrain secondaire, entre les couches coquillières les plus rapprochées de la surface. Plusieurs sous-variétés se trouvent en grains isolés, ou sont réunis par un ciment marneux plus ou moins abondant, et mélangé lui-même d'oxyde de fer en diverses proportions. Lorsque les grains et l'oxyde y existent en quantité suffisante pour être traités, on appelle cette marne *mine en roche*. Partout où j'ai reconnu sur place cette espèce de minerai, je l'ai trouvée encaissée dans des couches calcaires très-coquillières, dont les fossiles, ou leurs empreintes et noyaux, se séparent très-facilement. Beaucoup même d'entre eux ont conservé leur test. Les *mines noires*

sont les plus pures, mais on fond ensemble les diverses qualités de mines, en réglant leurs dosages sur leur richesse relative, et l'on aide leur fusion par l'addition de l'espèce de marne très-argileuse, qu'on appelle *herbue* dans le pays. Ces minerais réunis produisent des fontes blanches, d'où résultent des fers de seconde qualité, dont l'usage est bon et le débit assuré.

On nomme vulgairement *mines en grains*, un minerai qui consiste en globules, dont la grosseur varie depuis celle des grains de navette jusqu'à celle d'un pois. C'est celui que l'on traite dans les usines de l'Est du département de la Côte-d'Or, et dans une partie de celles des départemens de la Haute-Saône et du Doubs. On le trouve en amas plus ou moins profondément; mais en général, à peu de distance de la surface du sol, dans une marne blanche ou bleuâtre, ayant peu de consistance, et n'offrant pas de traces de fossiles. Les minerais réputés de bonne qualité, sont recouverts, en certains endroits, d'une couche de concrétions calcaires dures, que les mineurs appellent *castillon*. Ceux qui ne sont point accompagnés de marne sont moins estimés, étant mélangés de beaucoup de silice. Il en est cependant qui ont pour gangue un terrain argileux rougeâtre, et qui donnent des fers très-estimés.

S'il était permis d'établir, par le gisement, des rapports d'ancienneté entre les formations de ces deux natures de minerais, on serait porté à supposer que la formation des *mines en grains*, a eu lieu à des époques plus rapprochées de nous, que celles des *mines noires, grises, rouges, minettes*, que l'on

trouve mélangées très-abondamment de corps marins fossiles. Déjà l'on observe que les couches calcaires qui recouvrent ces dernières, contiennent beaucoup moins de ces fossiles, et en considérant que les marnes tendres et homogènes qui recèlent les *mines en grains*, paraissent n'en pas contenir du tout, on en conclura la formation postérieure de ces mines. Cette même absence de corps marins explique comment les *mines en grains* de nos pays donnent des fers plus ductiles que les autres minerais dont je viens de parler, devant nécessairement contenir l'acide phosphorique en moindre proportion.

Des maîtres de forge du département de la Côte-d'Or m'avaient assuré plusieurs fois, qu'à chaque démolition de leurs hauts-fourneaux, les fondeurs trouvaient, tant au fond que sur les bords du creuset, du plomb en quantité souvent très-notable, et qu'on devait attribuer à la présence de ce métal, dans leurs fers, le nerf et la ductilité qui sont leurs qualités principales. Je désirais vivement de vérifier cette assertion, et ayant été averti, en juillet 1807, que le fourneau de Lacey, près Bèze, à 16 kilomètres Nord-Est de Dijon, était sur le point d'être démoli, je m'y rendis, et j'assistai à l'opération. Je fis en effet les observations suivantes : 1°. Les parois du creuset et les parties inférieures de l'ouvrage étaient parsemées d'un nombre considérable de gouttelettes, parfaitement rondes, du plomb le plus ductile ; 2°. toutes les crevasses étaient remplies du même métal ; 3°. derrière les pierres dont était construit le bas du fourneau, depuis les étalages, le plomb

à l'état métallique s'était niché partout où il avait trouvé des espaces vides ; 4°. enfin, on l'apercevait à l'état de litharge, répandu en feuillets dans plusieurs places.

Je questionnai les fondeurs, et ils me fournirent les renseignemens suivans : Jamais ils n'avaient rencontré le plomb en aussi petite quantité qu'au fourneau de Lacey ; mais ce métal existe en si grande proportion dans certaines mines en grains du département de la Haute-Saône, qu'en plusieurs endroits, chaque démolition de fourneau en fournit 15 à 16 kilogrammes, sans compter les portions qui sont trop menues pour être enlevées, mais qui, occupant beaucoup de surface, ne peuvent être évaluées à moins de moitié de ces quantités. Les usines qu'ils me citèrent, comme les plus abondantes en plomb, sont celles de Villeferroux, Dampierre, Conflandet, Renaucourt et Vaucancourt, qui tirent les mines de leurs environs. C'est une opinion généralement répandue dans les forges de Franche-Comté, que le plomb se mélange à la fonte, et communique au fer quelques-unes de ses propriétés. On en donne pour preuve, sa présence dans les fourneaux, le nerf et la mollesse des fers, et leur aspect plombé.

Parmi les matériaux que l'on abattait de l'intérieur du fourneau, je remarquai une substance pierreuse de couleur verte, dure, très-pesante, composée de couches concentriques, et qui ne ressemblait en rien aux autres débris. J'entrai dans le fourneau pour examiner sa position, et, à l'aide des fondeurs qui reconnurent bien cette substance pour la retrouver à chaque

démolition, et pour l'avoir vue dans les autres usines où ils avaient été employés, j'observai qu'elle s'était amassée en une couche inégalement épaisse sur sa hauteur, mais égale partout dans le pourtour, depuis le milieu des étalages jusqu'au deux tiers des parois de la pyramide qui forme la partie supérieure du fourneau, et particulièrement à l'entour du plus grand évasement, place où elle avait environ trente-millimètres (un peu plus d'un pouce) d'épaisseur.

En examinant la texture de cette substance, on conçoit qu'elle a été formée par sublimation en couches successives, mais que la violence du feu lui a fait prendre une espèce de demi-fusion. La première couche, celle qui est appliquée contre les parois du fourneau, ressemble, dans sa cassure, aux poteries dites *grès de Beauvais*. Les couches suivantes, dont la tranche se distingue facilement par une ligne jaunâtre, au point de séparation, participent de cet aspect; mais on reconnaît que les plus récentes n'ont pas encore reçu un coup de feu suffisant pour être en tout semblables aux premières. La couleur de cette matière est le *verd-poireau* foncé. Sa pesanteur spécifique est 4,90. L'analyse qu'en a bien voulu faire M. Vauquelin, lui a présenté l'oxyde de zinc presque pur (1).

Les renseignemens que je me suis procurés sur la formation des mêmes produits, dans d'au-

(1) J'ai remis au Cabinet de l'Ecole des Mines, des échantillons, 1°. de la mine que l'on fond au fourneau de Licey; 2°. de la fonte qui en provient; 3°. du fer que produit cette fonte, à la forge de Bèze; 4°. de l'oxyde de zinc

tres usines que celles dont j'ai parlé, où l'on traite également des *mines en grains*, m'ont convaincu qu'on les y retrouvait à des états semblables. On m'a même assuré qu'on avait observé, à différentes reprises, le zinc sublimé en *fleurs* blanches dans l'intérieur des pyramides dont quelques hauts-fourneaux sont surmontés. Enfin, s'il faut tout dire, des propriétaires d'usines prétendent qu'il a été trouvé de l'argent à l'état métallique, sur des parois de creusets, et que les globules en ont été formés par une sorte de coupellation.

Voilà donc deux nouvelles substances à ajouter à celles que M. Vauquelin a découvertes dans les mines limoneuses de Bourgogne et de Franche-Comté, par le beau travail dont l'extrait a paru dans le n°. 119 de ce Journal. Avant d'avoir connaissance du Mémoire de M. Bouënel, j'avais eu l'occasion de reconnaître en Dauphiné la mine de plomb sulfuré dans le fer spathique; mais je ne crois pas que sa présence, dans les mines de fer globuleuses, ait encore été observée, ou que l'observation ait été consignée dans aucun écrit rendu public. J'ajouterai, pour terminer ce que j'avais à rapporter sur ce fait intéressant, qu'il n'est point ignoré dans les forges du Forez. Si ce qui m'a été rapporté est fondé, M. Gallois, ingénieur en chef des mines, qui s'est beaucoup occupé

sublimé; 5°. du plomb, en gouttes, que j'ai trouvé au fond du même fourneau. Tous objets faisant partie du catalogue 963, sous les numéros respectifs, ainsi qu'ils suivent: 39, 40, 42, 43, 37, 38, et déposés dans l'armoire du département de la Côte-d'Or.

du travail du fer et de l'acier, a calculé que le plomb pouvait se trouver dans la proportion d'un centième dans les minerais de fer qu'on traite dans les usines de ce pays, et a reconnu que les fers provenant de ces minerais étaient très-ductiles, tandis que les minerais cuivreux donnaient presque toujours du fer aigre et difficile à travailler.

Il serait utile d'observer jusqu'à quel point est fondée ou erronée l'opinion répandue dans nos usines, sur l'influence favorable du mélange du plomb dans les fers. Ceux de la Franche-Comté, qui ont tant de nerf et en même tems de ductilité, reçoivent-ils du plomb ces qualités? ou peut-on penser que, privés de ce dernier, ils seraient plus doux et plus nerveux encore? Sans rien préjuger sur la solution de cette question, dont l'examen exigerait des épreuves rigoureuses, suivies par un savant consommé, je me bornerai à remarquer que la répugnance des maîtres de forges du département de Sambre-et-Meuse, à employer certains minerais de fer trop plombifères, n'est pas concluante contre l'opinion de leurs confrères de la Franche-Comté. Je crois très-possible que les mauvais effets qui sont attribués au plomb par les premiers, soient produits seulement par le zinc qui lui est toujours uni dans les minerais, et dont la funeste influence sur la ductilité des fers, paraît beaucoup mieux constatée. On sait par les dernières expériences de M. Guyton de Morveau, sur l'alliage du fer et du plomb (1), que si l'on ne peut se refuser à re-

(1) *Annales de Chimie*, tome 43^e, pag. 47 et suiv.

connaître la réalité de cet alliage, quand ces deux métaux sont dans un état de fusion parfaite, cependant ils se séparent en majeure partie, pendant le refroidissement. Il me semble que l'on peut conclure de ces expériences que, soit dans les hauts-fourneaux du département de Sambre-et-Meuse, soit dans ceux de nos environs, le plomb reste uni à la fonte dans des proportions semblables, quel que soit d'ailleurs la quantité qu'en contient le minerai, et que, dans l'état actuel des connaissances, le zinc seul doit être accusé de nuire à la malléabilité des fers.

Mes recherches sur l'objet de cette notice m'ayant conduit à assister à la démolition de plusieurs hauts-fourneaux, et à examiner avec attention les matériaux provenant de ces démolitions, j'ai pu faire quelques observations sur la nature des pierres dont étaient construits les *ouvrages* dans ces usines, et particulièrement sur l'état de celles qui formaient les fonds de creusets, après qu'elles avaient été exposées, pendant la durée d'un fondage, à l'action du feu et à celle du métal en fusion.

On emploie dans nos départemens, pour la construction des ouvrages, quatre espèces de pierres; *A*, un grès, *psammite* de Brongniart, formé d'un détritit granitique, que j'ai déjà décrit (1), et que l'on tire de Moissev, département du Jura; *B*, un grès secondaire, dur, homogène, qui vient du Fayl-Billot, département de la Haute-Marne; *C*, des grès tertiaires plus tendres, qu'on extrait aux environs des

(1) *Journal des Mines*, n^o. 161, pag. 351 et 352.

usines ; *D*, des calcaires durs des mêmes environs.

A. Le grès, *psammite* de Moissey, résiste assez bien au feu, et les fragmens qui forment les fonds de creusets, gardent à peu près leurs formes primitives, parce que le feldspath, en servant de fondant au quartz, permet au fer de s'y incorporer. Aussi ce dernier pénètre la pierre dans plus de la moitié de son épaisseur. Des maîtres de forge m'ont assuré avoir rencontré, derrière les pierres de *Pouvrage*, et aussi dans l'intérieur de ces mêmes pierres, cette substance composée de filamens courts, soyeux et blancs, que l'analyse a fait reconnaître pour de la silice pure (1).

B. Le grès du Fayl-Billot étant homogène et très-réfractaire, résiste encore mieux que le précédent. Le fer le pénètre moins. Sa surface reçoit cependant une demi-fusion, et se laisse pénétrer par le fer, qui s'y place, soit en grains sphériques, soit en s'y moulant dans les espaces vides. J'ai trouvé, dans des forniaux (c'est ainsi qu'on nomme, dans nos usines, les pierres

(1) Le Cabinet de minéralogie de l'École impériale des Mines, possède deux échantillons de cette substance d'un beau blanc de neige, envoyés par M. Rambourg, propriétaire des forges de Tronçais, département de l'Allier. Le premier, noté 407-5, est un morceau de fonte retiré du haut-fourneau, et recouvert en partie d'une substance fibro-soyeuse d'un blanc éclatant, qui avait d'abord été prise pour un oxyde de zinc. Le second, étiqueté 726-11, présente cette même substance blanche pure, trouvée sur le fond d'un creuset du fourneau de Tronçais. M. Collet-Descostils, ingénieur en chef, chargé des travaux du laboratoire, en a retiré 98 parties de silice sur 100. J. T.

qui ont été des fonds de creusets), des cristaux de fer en octaèdres, implantés les uns dans les autres, ayant la forme de pyramides et tous les caractères du métal pur. Il est très-remarquable que certaines portions de fer qui sont à découvert dans ces cavités, sont superficiellement enduites d'une teinte rouge de cuivre, que je crois n'être que le produit d'une espèce de trempe à l'air. L'éloignement des usines, du lieu d'où on extrait ce grès, paraît être la seule cause qu'on n'en fait pas généralement usage.

C. On emploie, faute de mieux, dans quelques usines, des grès grossiers qu'on trouve aux environs, quoique leur peu de solidité doive nécessairement forcer à des reconstructions plus fréquentes. L'influence de ces grès friables, sur la qualité des fontes, n'a pas été bien observée.

D. Les ouvrages en calcaire dur, subsistent plus long-tems qu'on ne le supposerait, d'après la nature de la pierre. Ils permettent un produit suivi d'environ six à sept cent mille kilogram. de fonte : cependant quand on a atteint les deux tiers de cette quantité, on commence à remarquer de la lenteur dans le travail. Après la démolition du fourneau, l'orniau ne forme plus qu'une masse de fer, presque toute la pierre ayant disparu. Aussi on le casse, et on le travaille immédiatement au feu de forge, par morceaux séparés. On remarque seulement que, quoique le fer qui le compose soit plus rapproché de l'état de pureté que la fonte, ce travail consomme une plus grande quantité de charbon que le traitement de celle-ci, à raison des corps étrangers qui y sont mélangés.

MM. les Ingénieurs des mines ont souvent, dans leurs rapports sur les usines à fer, conseillé l'emploi de la brique dans les ouvrages, emploi dont les avantages, que le raisonnement seul indique, sont constatés par l'expérience. On doit donc s'étonner que ce conseil ne soit pas plus généralement suivi, et particulièrement dans nos pays, où la brique est peu chère et de bonne qualité. Il est à désirer que les maîtres de forges, mieux éclairés sur leurs véritables intérêts, adoptent enfin un genre de construction, qui, n'offre pas une augmentation de dépenses proportionnée avec les avantages qui résulteraient de sa solidité et de sa durée.

N O T I C E

SUR QUELQUES OUVRAGES

RELATIFS AUX MACHINES.

LES progrès toujours croissans de l'industrie, l'activité des fabricans continuellement excitée par l'intérêt particulier, et souvent aussi par les récompenses du Souverain, font, chaque jour, sentir davantage le besoin de livres élémentaires sur les applications des différentes branches de la physique. Les arts industriels sont divisés en deux classes, les arts chimiques et les arts mécaniques, et quoique les connaissances théoriques ne soient pas toujours indispensables à ceux dont ces arts forment la profession, il est cependant vrai de dire que la chimie sert de base aux premiers, tandis que les mathématiques et la mécanique rationnelle, sont le fondement et le principe des autres; il y a même plusieurs de ces arts, et des plus importants, qui exigent la connaissance approfondie de ces diverses sciences: tels sont les arts métallurgiques. Ce serait, sans doute, une discussion tout-à-fait superflue que celle dont le but serait de faire voir que les progrès des arts sont liés à ceux des sciences dont ils dépendent, et que les applications des résultats de celles-ci, sont les plus sûrs moyens de faciliter et d'étendre l'usage de ces arts; mais il ne serait pas aussi inutile de faire connaître combien ces ap-