

bien la houille désulfurée (coke) nécessaires à l'extraction complète de la fonte, et on amène le tout à une haute température (q).

Dans les premiers temps de la fabrication du fer on l'extrait des minerais dans des fourneaux très-bas, qui ressemblaient plus à des âtres de forge, qu'aux fourneaux actuellement en usage; mais ils ne servaient qu'à transformer la fonte en fer forgé aussitôt qu'elle goutait hors de la masse des minerais, c'est-à-dire dans un état pâteux (r); car on ne connaissait pas encore à cette époque les procédés par lesquels on obtient des minerais la fonte à l'état de liquidité nécessaire, pour pouvoir la couler sous toutes les formes; ce qui paraît n'avoir été découvert qu'à la fin du 15^e siècle (s).

C'est à cette fin qu'on a par la suite mieux disposé et élevé à une plus grande hauteur les fourneaux, auxquels on donna pour les distinguer des premiers, le nom de hauts-fourneaux. Dans les provinces méridionales des Pays-Bas, et dans plusieurs autres pays ils ont une hauteur de 22 à 30 pieds du Rhin. En Angleterre il y a quelques-uns de ces fourneaux élevés jusqu'à la hauteur de 60 pieds anglais; ceux particulièrement qui doivent servir à la fabrication de la fonte par le coke (5).

(q) Autrefois on se servait uniquement de charbons de bois pour la réduction des minerais; mais comme il en résulta une grande disette de bois en Angleterre, on chercha à découvrir un moyen de substituer le charbon de terre.

Après beaucoup d'essais, les fondeurs de ce pays réussirent enfin à découvrir que l'opération peut se faire avec de la houille désulfurée; on se sert alors de machines soufflantes plus fortes que celles qu'on emploie communément, parce que le coke ne brûle pas si promptement que le charbon de bois, et demande une plus grande quantité d'air pour rester constamment en ignition et produire la chaleur demandée.

(r) Ce procédé, connu sous le nom de *méthode catalane* ou *corse*, est encore employé par quelques fabricants au moyen de cette espèce de fourneaux, en Espagne, dans les îles de Corse et d'Elbe, etc., où l'on a des minerais purs, qui ne contiennent pas ou très-peu de corps hétérogènes nuisibles, et ne demandent par conséquent pas de purification par l'opération complète d'un haut-fourneau, opération à laquelle doivent être soumis la plupart des minerais dans les autres pays.

(s) Karsten dit : « Les premières traces de la connaissance de la fonte (*Roheisen*) et de son emploi, ne paraissent qu'à la fin du 15^e siècle. Cette connaissance parvint de l'Alsace en Angleterre et en Suède, et se répandit presque en même temps dans la partie orientale et septentrionale de l'Allemagne. Mais le nom de celui qui remarqua le premier la fusibilité de la fonte ne se trouve consigné nulle part. » *Archiv für Bergbau und Hüttenwesen von Dr. C. J. B. Karsten. Band VIII Heft I. Berlin, 1824.*

(5) « La hauteur des fourneaux varie de 18 à 35 ou 40 pieds. Dans les fourneaux trop bas les matières arrivent rapidement à une haute température, et la réduction du minerai tend à se confondre avec la fusion, ce qui augmente la proportion du fer qui passe dans les scories. La fonte passant d'ailleurs trop vite au tra-

La disposition des hauts-fourneaux est presque généralement la suivante :

Ils sont construits en maçonnerie de pierre et ont extérieurement la forme d'un parallépipède rectangulaire (6), dont la base est à

» vers de la partie la plus chaude du fourneau, on ne peut pas obtenir de la fonte grise. Une autre cause, et la principale peut-être, tend aussi à en empêcher la production; c'est que les minerais n'arrivent pas assez échauffés dans l'ouvrage; la haute température qui s'y développe est donc employée mal à propos à les échauffer d'abord avant de les fondre.

» Le rayonnement et le contact de l'air occasionnent des pertes de chaleur plus fortes dans les petits fourneaux que dans les grands. Les fourneaux élevés sont donc préférables; mais la hauteur utile varie avec la qualité du combustible; en effet, la température du gueulard diminuant à mesure que la hauteur du fourneau augmente, il arriverait un point où cette partie ne serait pas assez échauffée pour le tirage qu'il faut y conserver.

» Le charbon léger de sapin et l'emploi d'une machine soufflante faible, ne permettent guère qu'une hauteur de 6 à 8 mètres. Mais alors, les minerais réfractaires ne se réduisent qu'avec perte, ou peuvent même résister au point de rendre l'opération impossible. Le charbon restant le même, si l'on dispose d'une machine soufflante assez puissante, on peut donner au moins 9 à 10 mètres d'élévation au fourneau. Enfin avec du charbon de bois dur, et une bonne machine soufflante, le fourneau peut avoir 11 à 12 mètres de hauteur, et alors, on le conçoit, il est utile de la donner.

» La largeur doit varier avec les circonstances, car on sait que la chaleur est plus intense dans les foyers étroits. L'intérieur du fourneau, surtout vers le point où commence la fusion, doit donc être étudié avec soin. Si le charbon est léger, que les minerais soient réfractaires, et la machine soufflante faible, la cave doit être moins large que si l'on avait à traiter des minerais fusibles avec du charbon compacte et une machine soufflante énergique.

» La puissance de la machine soufflante détermine, en grande partie, la hauteur du fourneau. En d'autres termes, cette détermination repose sur la quantité de combustible brûlé en un temps donné, la nature du minerai ayant d'ailleurs peu d'influence. La hauteur du fourneau doit augmenter en effet avec la consommation du charbon, pour que toute la chaleur produite soit absorbée par le minerai et les matières qui composent la partie supérieure des charges.

» Ce qui revient à dire, en définitive, que les gaz devant sortir du gueulard avec une température constante quelle que soit la hauteur du fourneau, il faudra, pour utiliser la chaleur produite, élever le fourneau en raison de la chaleur qui est développée dans son intérieur, et par conséquent en raison du combustible consommé ou du vent employé. » Dumas, *Chimie appliquée aux arts*, Paris, 1833, t. IV, p. 636-637; nos 2805, 2806. (T.)

(6) Plus souvent la forme extérieure est celle d'un tronc de pyramide quadrangulaire, ou bien encore ce tronc de pyramide est superposé à un prisme rectangulaire de même base que la grande base de la pyramide. Voyez Hartmann, *Lehrbuch der Eisenhütten Kunde*, Berlin, 1833-1834, tom. I^{er}. (T.)

peu près un carré. Quelquefois on bâtit deux fourneaux pareils jointivement; mais comme chacun d'eux doit être chargé et chauffé séparément, sans qu'ils aient rien de commun, il suffira d'en décrire un seul.

L'espace intérieur nommé la *cuve*, a la forme d'un ellipsoïde allongé, ou se compose de deux cônes tronqués superposés par leurs grandes bases; cette dernière forme est presque générale aux hauts-fourneaux des provinces méridionales des Pays-Bas (7). Voyez planche I avec son explication.

Par le gueulard, qui est l'ouverture supérieure, on fait tomber le combustible et les minerais de fer, précisément vis-à-vis des soufflets; ces matières sont reçues par la surface inclinée nommée l'*étalage*; de là la fumée et les vapeurs produites pendant la combustion montent vers le haut, en traversant la partie supérieure du fourneau, partie qui, pour cette raison, a reçu encore le nom de cheminée.

Le volume intérieur du fourneau dépend de la grandeur de la charge, de l'espèce du combustible et de la force des machines soufflantes, qu'on lui destine. Ainsi, par exemple, les fourneaux anglais au coke, qui sont destinés à une grande charge, sont non-seulement plus élevés, mais ont encore un espace intérieur beaucoup plus grand que les fourneaux ordinaires au charbon de bois, et demandent par conséquent, pour conserver la proportion, un appareil soufflant beaucoup plus puissant que ceux-ci.

A mesure que les charbons de bois ou le coke se consomment, la

(7) La forme intérieure produite par deux cônes tronqués superposés par leurs grandes bases égales, est préférable à celle des pyramides tronquées; la forme conique est plus commode à construire, vu qu'elle rentre dans les surfaces de révolution; elle paraît, en second lieu, devoir mieux résister, parce que dans chaque section horizontale tous les points sont placés dans les mêmes circonstances, ce qui n'a pas lieu dans les cuves quadrangulaires. Si l'action sur les parois du fourneau est plus uniforme, elle l'est aussi sur les minerais; de là chauffage et tirage uniformes. (Dumas, *Chimie appliquée aux arts*.)

Voici ce qu'en dit Hartmann, *Lehrbuch der Eisenhütten Kunde*; Berlin, 1833, tom. I^{er}, n^o 291, p. 303.

« La forme la plus parfaite de la section transversale des cuves, est celle circulaire, tandis que celle de l'ouvrage est ordinairement carrée, parce que la construction d'ouvrages circulaires au moyen de taille offre quelques difficultés. Quant à la forme des cuves dans le sens de la hauteur, de la cuve au creuset, les opinions sont très-divergentes. Il existe des cuves cylindriques, de pyramidales et de coniques, et ces dernières sont les plus nombreuses, et sans aucun doute les plus convenables. » (T.)

charge s'affaisse suivant la pente de l'*étalage*, et gagnant continuellement en température, passe par l'ouverture *cd*, pour arriver dans l'*ouvrage* où le vent des machines soufflantes qui est dirigé contre elle, la porte à un degré de chaleur très-élevé, et où enfin s'opère la réduction du minerai et sa conversion en fonte; cette dernière passant devant la tuyère *w* pour tomber de l'ouvrage dans le *creuset* *lmno*, fig. 2.

Du côté de la tuyère se trouve dans la maçonnerie un espace voûté, GHIK, dans lequel on place les appareils soufflants, et qui pour cela est appelé *embrasure des machines soufflantes*. Dans la partie adjacente, se trouve encore un autre espace voûté, LMNO, fig. 3, dans la maçonnerie, qui est appelé *embrasure de la coulée*, et dont la partie inférieure de la voûte est portée par une plaque de fonte, *ky*, qui est un peu plus élevée que la partie antérieure du creuset. Contre ce dernier on a disposé un prisme triangulaire de maçonnerie, *Nonofr*, nommé *la dame*, parce qu'il retient la fonte dans le creuset *mno*, par sa face inclinée *on*. Entre la crête *o* de la dame, et l'extrémité de la plaque de fonte *y*, se trouve une ouverture, l'entrée du creuset, ou l'ouverture de la tympe, par laquelle on peut voir dans le creuset, et faire l'ouvrage nécessaire dans la partie inférieure du fourneau; comme l'enlèvement des laitiers qui surnagent, et le puisage de la fonte au moyen de cuillers à l'effet de couler dans des moules différents objets de petite dimension, etc. Enfin on a ménagé dans la maçonnerie, à côté de la dame, une ouverture circulaire nommée la *percée*, *s*, fig. 3, qui va jusqu'à l'intérieur du creuset; elle sert à laisser couler la fonte de ce dernier dans le sillon prismatique préparé à cet effet avec du sable ou des cendres pour recevoir les *gueuses*. Avant que la fonte ne soit prête pour être coulée, la percée est bouchée avec du sable ou de l'argile.

Les machines soufflantes consistaient autrefois en deux grands soufflets, mais maintenant, on se sert pour cela presque généralement, des hauts-fourneaux ordinaires, de deux cylindres en fonte, d'environ 0^m,90 de hauteur sur près d'un mètre de diamètre intérieur; ces cylindres sont placés l'un près de l'autre dans l'embrasure des machines soufflantes, et sont pourvus chacun d'un piston aspirant, fermant exactement. Chacun de ces pistons est attaché à une tige en bois munie d'un *mentonnet* au moyen duquel ils sont, par une roue munie de levées *V*, soulevés successivement et retombent par leur propre poids.

Dans la descente des pistons, deux soupapes, dont ils sont munis,

s'ouvrent par la pression atmosphérique, et comme cette descente a raréfié l'air des cylindres au-dessus des pistons, il en entre une nouvelle quantité par les soupapes; celle-ci y reste renfermée pour un instant, par une soupape VV, se trouvant dans les tuyaux porte-vent, laquelle se ferme par la descente des pistons; mais aussitôt que l'un de ceux-ci remonte, la soupape du porte-vent s'ouvre et celle du piston se ferme; de cette manière l'air comprimé dans le cylindre par l'ascension du piston, passe par l'ouverture de la soupape du tuyau, et est chassé au moyen de la buse à travers la tuyère W contre le contre-vent v.

Cette soufflerie est mise en mouvement par une roue hydraulique, ou une machine à vapeur, selon qu'il faut plus ou moins d'air au fourneau. Quand il se trouve dans le voisinage du fourneau un ruisseau, qui livre l'été comme l'hiver une quantité d'eau suffisante pour faire tourner constamment une roue hydraulique assez grande, on s'en sert de préférence pour mettre cette machine en action, mais s'il ne s'y trouve pas de ruisseau fournissant assez d'eau pour mettre en mouvement et avec l'énergie nécessaire, une machine soufflante puissante, comme celles près des grands fourneaux anglais au coke, il est nécessaire alors d'obtenir cet effet au moyen d'une machine à vapeur, comme cela a réellement lieu près des fourneaux cités.

LE PREMIER CHAUFFAGE ET LA CONDUITE D'UN HAUT-FOURNEAU.

Soit que le haut-fourneau soit nouvellement construit, ou revêtu d'une paroi neuve, ou bien même n'ait pas été employé pendant un certain temps, il est nécessaire avant de commencer la conversion des minerais, de le *mettre en feu* ou de le *fumer* intérieurement, afin de faire évaporer l'humidité contenue dans la paroi ou chemise. Avec des fourneaux neufs ou nouvellement revêtus, ceci doit s'exécuter très-lentement et avec circonspection, afin d'empêcher les pierres réfractaires de se fendre; mais quand le fourneau a été seulement vacant pendant un certain espace de temps, on procède de la manière suivante :

On remplit le fourneau entièrement du combustible pour lequel il est destiné, c'est-à-dire de charbon de bois ou de coke, et on y met le feu; mais pour ne pas exciter une chaleur trop violente, on ne fait pas agir la soufflerie, et on modère même le tirage trop vif en bouchant plus ou moins l'ouverture de la tympe, suivant que les

circonstances l'exigent. A mesure que les charbons inférieurs brûlent, la charge totale s'affaisse, et quand cette descente porte environ 1 $\frac{1}{2}$ à 2 mètres on recomplete le fourneau par une nouvelle charge de charbon, et on verse là-dessus une mesure ordinaire, soit haquet soit panier, de minerai de fer (ils contiennent à peu près 60 kil.), en y ajoutant la quantité de fondant ou flux nécessaire; et quand ensuite cette nouvelle charge est parvenue à la hauteur ci-dessus mentionnée, on y verse environ la quantité de charbon nécessaire à la conversion d'une mesure ordinaire de minerai, quoiqu'on n'y jette pas ensuite cette mesure complète; mais aux charges suivantes, on augmente peu à peu le minerai et le fondant, jusqu'à ce que le fourneau soit bien en train, et qu'on puisse ainsi y mettre la charge proportionnée à sa grandeur et à celle des machines soufflantes.

Aux deux premières charges de minerai, on ne donne pas encore de vent, mais après qu'on a versé la deuxième, on fait la grille en introduisant cinq à six ringards par l'ouverture inférieure du fourneau pour en soutenir la charge; après quoi l'on enlève le charbon qui se trouve dans l'ouvrage et dans le creuset, afin que ceux-ci soient convenablement desséchés et chauffés par la chaleur du foyer; et quand on s'aperçoit que ce résultat est atteint, il est nécessaire de mettre par couches sur la sole du creuset une partie de charbons brûlants pulvérisés, et de bien les entasser jusqu'à la hauteur de $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5}$ de mètre; ceci se fait dans le but d'empêcher la fonte liquide de tomber au fond du creuset, qui a été moins échauffé que le foyer, ce qui la ferait figer, et la rendrait ainsi impropre à être coulée.

Quand on calcule que le premier minerai versé est parvenu jusqu'en bas, on fait agir la soufflerie, et aussitôt qu'un commencement de fusion a communiqué une certaine consistance à la partie inférieure de la charge, on retire les ringards qui ont servi à soutenir les matières.

Il est nécessaire que le soufflage soit d'abord très-modéré, mais qu'on en fasse augmenter la force, à mesure qu'on verse du minerai dans le fourneau, jusqu'à ce que les charges aient la grandeur proportionnée à la capacité de ce dernier; et alors la force du vent doit être telle, que la fusion des minerais s'opère convenablement.

Une fois que le fourneau est amené ainsi à son allure, il est nécessaire de le conduire constamment dans le même état, en maintenant toujours les machines soufflantes au même degré d'activité et donnant la même direction à leur vent; de manière que la combustion du charbon et la fusion des minerais avancent autant que pos-

sible simultanément, de telle manière que toutes les charges s'affaissent successivement aux mêmes hauteurs, pendant les mêmes espaces de temps.

Quand le fondage est ainsi réglé, on doit continuer sur le même pied, aussi bien de nuit que de jour, et sans s'arrêter; on doit constamment veiller à ce que la température reste la même dans le fourneau, et se manifeste à la même hauteur sans monter vers l'ouverture; car ceci occasionne une fusion incomplète des minerais. On doit de plus prendre soin, que des morceaux de minerais incomplètement fondus, ou d'autres matières agglomérées ne s'attachent aux parois de l'ouvrage et devant le museau de la tuyère, ce qui arrive souvent aussi au-dessus de l'ouvrage, dans l'étagage, quand le fondage n'a pas été conduit régulièrement. Comme dans la réduction des minerais de fer les parties terreuses se liquéfient également, et en tombant dans le creuset surnagent à la surface de la fonte, il faut de temps en temps retirer une partie de ces laitiers par l'ouverture de la tympe, ce qui s'appelle relever le haut-fourneau; mais seulement dans le cas où leur quantité serait tellement grande, qu'ils empêcheraient la chaleur d'arriver convenablement au bain de fonte; car il faut qu'il en reste toujours une quantité suffisante sur le métal liquéfié, pour empêcher l'air des soufflets de toucher la surface de ce dernier, parce que sans cela l'oxygène de cet air consommerait le carbone de la fonte.

Quand on voit qu'il y a assez de fonte dans le creuset pour former une gueuse, ce qui monte ordinairement dans ce pays-ci, de 900 à 1000 kilogr. dans l'espace de 12 heures, on perce au moyen d'un ringard chaud, le sable qui obstrue la percée, afin de laisser couler la fonte dans le moule de la gueuse fait à proximité dans la cendre, et qui a ordinairement la forme d'un prisme triangulaire. On laisse dans ce cas-ci couler hors du creuset toute la fonte qu'il contient, et par conséquent aussi tous les laitiers qui lui surnagent; après que la gueuse est refroidie ceux-ci en sont détachés.

Mais quand on veut couler d'autres objets dans des moules préparés d'avance, la percée doit rester fermée: il n'est pas nécessaire alors, d'attendre que le creuset soit plein de métal; car dans ce cas-ci on puise la fonte dans le creuset et avec des cuillers ou *poches*, si toutefois, après qu'on a enlevé les laitiers, il s'y trouve assez de fonte pour couler les objets dont on a préparé les moules. Les poches ou cuillers dont on se sert en cette occasion sont en fer, et la partie qui doit plonger dans la fonte est couverte de terre glaise séchée.

DE LA CONVERSION DES MINERAIS EN FONTE DE FER.

Quelle que fût la chaleur à laquelle on pût porter les charbons du fourneau au moyen des machines soufflantes, et quoique les minerais de fer fussent eux-mêmes parvenus par là à une très-haute température, on ne réussirait pas encore dans la réduction de ces derniers s'ils ne contenaient par eux-mêmes, ou si l'on n'y ajoutait les matières nécessaires pour faciliter leur fusion, et par là, la production de la fonte. Pour atteindre ce but, deux choses doivent arriver; et il faut tâcher de les obtenir pour résultat, savoir: 1^o Ramener les oxydes de fer des minerais à l'état de métal; et 2^o les séparer, à la fusion des corps avec lesquels ils se trouvent combinés dans les minerais.

Le premier résultat précède le second, quoique les deux se suivent de très-près. Le fer des minerais ne peut se liquéfier avant qu'on n'ait dégagé l'oxygène de ceux-ci, ce qui s'effectue par le contact des charbons ardents qui contiennent beaucoup de carbone pur (†) pour lequel l'oxygène qui se trouve combiné dans les minerais a une affinité plus forte que pour le fer; c'est pourquoi cet oxygène abandonne ce dernier et se combine avec le carbone, en même temps que le fer s'empare d'une quantité suffisante de carbone et passe ainsi à l'état de fonte liquide.

Cette partie de l'opération qui s'effectue dans le fourneau est appelée la réduction, c'est-à-dire la désoxydation de l'oxyde de fer.

L'état de mélange avec des matières terreuses, dans lequel on rencontre les oxydes de fer dans les minerais, fait que chaque particule de ces derniers est entourée par de pareilles particules des premières, ce qui est défavorable à la réduction et par conséquent à la séparation du métal. Il est donc nécessaire d'écartier cet obstacle, ce qui ne peut se faire mieux qu'en rendant ces matières elles-mêmes liquides, en même temps que la fonte.

La faiblesse de l'affinité qui existe entre le fer et les matières terreuses ainsi que la grande différence de leurs pesanteurs spécifiques, sont alors suffisantes par elles-mêmes pour opérer cette séparation,

(†) D'après diverses analyses chimiques, 100 parties de charbon de bois pour les forges, contiennent 97,85 de carbone, et 100 parties de coke en donnent 96,70, d'où il suit que le coke contient plus de parties terreuses que le charbon de bois.

tous deux étant liquides et reçus dans le même vase; car la fonte, à cause de son poids spécifique supérieur, occupera la partie inférieure de la masse, tandis que les parties terreuses liquéfiées, étant beaucoup plus légères, surnageront. Par là on atteint donc la deuxième partie du but du travail, c'est-à-dire la séparation entre le fer et les matières terreuses, auxquelles il est uni dans les minerais.

Outre cette décomposition, il y en a quelquefois encore d'autres qui s'opèrent dans le fourneau, comme dans le cas où l'un des minerais contient un métalloïde ou métal qui, au contact de l'air, et à une température très-élevée, se résout en vapeurs ou se volatilise; cela arrive, par exemple, lorsque l'un des minerais de fer contient de l'oxyde de zinc, qui ne passe pas ici à l'état de métal, mais se sépare sous la forme d'une espèce de cendre légère qu'on nomme fleurs de zinc, et qui n'est qu'un oxyde de ce métal; ces flocons, en montant, mêlés avec la fumée, la poussière et les vapeurs aqueuses provenant des minerais, s'attachent à la paroi intérieure de la cheminée du fourneau, où ces corps mélangés forment une masse solide, nommée dans les fonderies françaises *cadmie des fourneaux*.

L'expérience a enseigné que de toutes les matières terreuses, celles dont la fusion est la plus facile à obtenir, sont : la silice, l'alumine, qui est de l'argile entièrement pure, et le carbonate de chaux, quand elles sont mélangées en proportion convenable, c'est-à-dire à peu près de trois parties de silice, une d'alumine et une de carbonate de chaux*. Elles fondent alors en une espèce de verre, quoique chacun de ces composés soit infusible isolément.

Les minerais de fer contiennent ordinairement un ou plusieurs de ces corps; il est donc nécessaire que le fondeur assortisse des minerais tels, qu'ensemble ils contiennent ces corps dans la proportion convenable; ou, quand cela n'a pas lieu, qu'il y ajoute ce qu'il faut pour remplacer celui de ces corps qui manque en tout ou en partie. De plus, il ne suffit pas que les trois corps en question se trouvent dans le minerai de la charge du fourneau, dans la proportion voulue entre eux pour les rendre fusibles, mais il est encore nécessaire que leur somme soit proportionnée à la quantité des oxydes de fer, contenus dans les minerais soumis à l'opération.

Quelques minerais d'alluvion contiennent beaucoup d'argile ordinaire, composé de silice et d'alumine, sans renfermer de carbonate

* *Traité élémentaire de Minéralogie*, par A. Brogniart, tom. I^{er}, art. *argile*, pag. 531.

de chaux; d'autres, au contraire, contenant beaucoup de ce dernier corps, sont dépourvus d'argile. En pareil cas il faut ajouter aux premiers comme fondant du carbonate de chaux, que les fondeurs français appellent *castine*; tandis qu'à la seconde espèce il faut joindre pour cet objet de l'argile ordinaire qu'ils appellent *erbuc*. Quant à la quantité de ces fondants à ajouter, il faut faire d'abord des épreuves en petit, et se déterminer ensuite d'après quelques essais faits dans le fourneau même*.

Les minerais qui sont très-riches en oxyde de fer, et contiennent ainsi une moindre proportion des matières en question, sont plus difficiles à réduire que ceux moins riches; il y en a quelques-uns qu'on regarde comme ne pouvant isolément subir la réduction, parce qu'ils contiennent trop peu de parties terreuses pour produire les laitiers nécessaires; c'est pour cette raison qu'ils sont connus parmi les fondeurs sous le nom de minerais secs, et ne sont employés par eux qu'en faibles quantités conjointement avec d'autres plus stériles mais plus fusibles. Si l'on voulait employer une grande quantité de ces minerais secs dans le chargement des fourneaux, les matières terreuses ne seraient pas proportionnées à la quantité des oxydes de fer contenus dans les minerais; et l'on ne pourrait peut-être pas, par la simple addition de carbonate de chaux ou d'argile les amener à la proportion convenable, qui doit exister entre les matières terreuses, pour le succès de l'opération.

De là on peut déduire avec une certitude suffisante, que la quantité, la liquidité et la pureté des laitiers, ont dans la conversion des minerais une influence réelle sur la qualité et la pureté de la fonte qui en résulte; car quand les laitiers ne sont pas convenablement liquides, on peut supposer que la proportion entre les matières terreuses n'était pas comme elle le devait, et qu'ainsi une partie de la matière terreuse qui se trouvait en excès dans les minerais, ne s'est pas liquéfiée, et se mêlant aux matières fondues, a produit des laitiers ne possédant pas le degré de fluidité nécessaire.

Dans ce cas les derniers n'auront pas non plus la transparence ordinaire, et il est très-probable que la fonte produite contiendra encore des parties fines de matières terreuses non transformées.

Quand les laitiers ont une couleur noire opaque, le vent est trop faible pour comburer les charbons, ou bien la quantité de ces derniers est trop considérable eu égard à celle des minerais. Dans les

* Voyez la note (3), page 31.

deux cas on obtient une fonte gris foncé tirant sur le noir. Cependant, dans le premier cas, le minerai ne sera pas convenablement réduit, et la fonte contiendra, outre la grande quantité de carbone, encore quelques particules terreuses. Dans le deuxième cas, la fusion sera convenablement opérée, mais la fonte, à cause de la grande quantité de carbone qu'elle aura absorbé, jouira d'une ténacité moindre que celle qui aura été produite au moyen d'une quantité de charbon proportionnée à celle des minerais. Quand, d'un autre côté, les minerais de fer sont traités avec trop peu de charbon, les oxydes de fer ne peuvent pas être pénétrés d'une quantité suffisante de carbone, et former une fonte assez fluide, pour que toutes les matières terreuses puissent s'en séparer, elle est alors d'un gris clair tirant sur le blanc. Une pareille fonte possède moins de ténacité que la fonte grise convenablement produite, et est entièrement impropre à une seconde fusion. On obtient encore de la fonte blanche quand le soufflage est trop intense eu égard à la charge, ou que le vent en est dirigé trop bas dans l'ouvrage, parce qu'alors il est renvoyé par le contre-vent dans le creuset, à la surface du bain de fonte, dont il absorbe le carbone par l'oxygène qu'il contient. Quand au contraire le souffle est dirigé en haut vers le foyer de fusion, la chaleur y devient trop intense, et l'oxygène du courant d'air, non-seulement consomme le carbone des gouttelettes de fonte produites, mais la flamme s'élève vers la partie supérieure de la charge, et y opère une fusion incomplète, un grillage et une scorification de la surface des minerais, ce qui est cause qu'on n'obtient que du fer blanchâtre. C'est cette circonstance que les fondeurs désignent en disant que la flamme a monté dans la charge.

Enfin on obtiendra encore une fonte blanche quand les minerais de fer sont trop riches; la quantité des laitiers développés étant alors trop faibles pour garantir de la décarburation la fonte produite, lorsqu'elle tombe à travers l'ouvrage et passe devant les buses des machines soufflantes.

Les caractères auxquels les fondeurs reconnaissent que le fourneau est bien chargé et en action, sont : que les laitiers sont liquides et sont produits en quantité suffisante; qu'ils sont transparents comme le verre, et ont une couleur bleue tirant sur le vert foncé, car leur transparence indique que les corps terreux contenus dans les divers minerais employés, ont été dans la proportion voulue, et se sont ainsi liquéfiés en commun, sans qu'aucune de leurs parties, étant en excès, soit restée solide.

Une quantité suffisante de ces laitiers bien fondus est particulièrement utile et nécessaire aux gouttes de fonte tombant hors des minerais; car chaque goutte en est non-seulement imprégnée, mais encore, lorsqu'elle arrive jusque dans le foyer, elle est entourée par ceux qui se rassemblent dans cette partie, si toutefois ceux-ci sont suffisamment liquides. Par là les gouttes sont garanties, pendant leur chute à travers l'ouvrage et devant la tuyère, contre l'oxygène de l'air que les machines soufflantes chassent avec violence par cette ouverture. De cette manière le carbone contenu dans la fonte ne peut être absorbé par cet oxygène, ce que le défaut de laitiers suffisamment fluides occasionnerait inévitablement. Sont-ils épais et pâteux, ils ne peuvent pas remplir ces fonctions en faveur des gouttelettes de fonte produites, mais resteront en partie dans le foyer à cause de leur défaut de fluidité, et s'attacheront à la paroi intérieure, ainsi qu'à l'ouvrage, et quel quefois aussi au museau de la tuyère, ce qui gênera l'action des machines soufflantes, effet que le fondeur doit en tout temps chercher à prévenir en maintenant la tuyère nette.

Dans ce qui précède concernant la conversion des minerais, il n'est rien dit des matières nuisibles ou oxydes métalliques qu'ils peuvent contenir; hormis l'oxyde de zinc, qui par la haute température du fourneau se volatilise, sinon totalement, du moins en grande partie, comme nous l'avons déjà dit. Le soufre et l'oxyde d'arsenic, au contraire, pourront peut-être se volatiliser en faible partie; mais il est hors de doute que la fonte produite contiendra également une partie de ces corps.

Le phosphore qui pourrait se trouver dans l'un des minerais, ne se volatilise pas à leur fusion, mais paraît contribuer par sa combustibilité à accélérer la réduction, quoiqu'il soit très-probable qu'il s'unisse en partie aux laitiers, parce qu'il a plus d'affinité pour le carbonate de chaux qui s'y trouve que pour la fonte; mais ceci n'empêche pas qu'il n'en reste encore dans la fonte une quantité suffisante pour nuire à la ténacité de cette dernière. Cependant il n'est peut-être pas impossible de retirer tout le phosphore contenu dans les minerais, en augmentant la quantité du carbonate de chaux, qui doit être ajouté à la charge comme fondant, après avoir été cassé en petits morceaux pour être mélangé avec les minerais; alors on augmente également la quantité de charbon et la force du vent, en proportion de cet accroissement de matières terreuses dont la liquéfaction est favorisée par là, et permet au phosphore combiné avec les oxydes de fer, de s'unir au carbonate de chaux.

S'il se trouve encore d'autres oxydes métalliques dans les minerais, il est difficile de les séparer de la fonte; mais comme les autres métaux, excepté le manganèse, se liquéfient à un moindre degré de chaleur que la fonte, il est probable qu'ils se volatilisent en partie, à cause de la haute température du fourneau, à l'époque où les gouttelettes de fonte arrivent au foyer de celui-ci. Ceci arrivera d'autant plus facilement que la température du fourneau sera plus élevée. Cependant cela ne semble pas suffire pour produire la volatilisation complète de ces métaux; car l'expérience nous a appris, que quand les minerais de fer contiennent des oxydes de plomb, une grande partie de plomb se mêle à la fonte, se porte au fond du creuset à cause de sa pesanteur spécifique supérieure à celle de la fonte, et lorsqu'on débouche la percée pour former la gueuse, coule la première hors du creuset, et se trouvant ainsi au fond de la rigole, forme la partie inférieure de la gueuse; on l'en détache facilement après le refroidissement. On n'est cependant pas bien certain d'après cela que la fonte de la gueuse ne contienne plus de petites parties de plomb: on peut plutôt supposer le contraire, parce que la fonte résultant de pareils minerais est douce et ne jouit pas d'une grande ténacité.

Quand enfin les minerais de fer contiennent de l'oxyde de manganèse, ils sont plus difficiles à réduire, parce que la chaleur suffisante pour désoxyder le fer, ne suffit pas pour réduire l'oxyde de manganèse; de manière que, quoiqu'une partie de cet oxyde puisse se mêler aux laitiers, il n'y a pas de doute que la fonte produite n'en contienne une partie également; ceci d'ailleurs est vérifié par l'expérience, en ce que cette espèce de fonte est plus dure et moins grise que la fonte ordinaire, ne contenant pas de corps étrangers*.

DE LA FONTE.

De ce qui précède, on déduit: que le plus ou moins de bonté de la fonte dépend, non-seulement de la pureté des minerais employés, mais aussi de l'exploitation convenable de ceux-ci, car elle ne doit contenir d'autres matières que celles qui entrent dans la composition de la fonte pure. Quant à la nature de ces matières, on n'est d'ailleurs pas encore complètement d'accord.

Autrefois, par défauts de moyens chimiques suffisants, on ne savait

* Voyez la note (1), page 26, sur l'influence du manganèse. (T.)

pas analyser la fonte en la décomposant dans ses principes. En conséquence, ce que les auteurs d'alors ont écrit à ce sujet, n'a pu être que des conjectures ou des opinions, ne reposant pas sur des principes établis; en attendant, ce qu'on peut en déduire, est qu'ils regardaient les corps dont se composent en partie les scories comme faisant partie intégrante de la fonte (u).

D'après Fourcroy, ce furent Van der Monge, Monde et Berthollet qui les premiers découvrirent par des analyses chimiques, que la fonte pure n'est composée que de fer combiné avec une certaine quantité d'oxygène et de carbone (8), et que les différences qui existent entre les diverses fontes proviennent uniquement des différentes proportions dans lesquelles ces deux derniers corps y sont combinés avec le fer (v). Il suit de là que ces physiciens ne regardaient pas les laitiers ou scories comme une partie composante de la fonte; mais cette opinion n'est pas généralement admise. Dans le *Dictionnaire technologique*, dont une partie a récemment paru, ouvrage publié en France par des savants connus, il est dit que la fonte contient de la chaux et de la silice (w), corps qui entrent tous deux dans la composition des scories; l'oxygène, au contraire, ne fait pas, d'après ces

(u) Thomas de Morla dit: En général la fonte n'est qu'un minerai fondu, contenant encore une partie de soufre et d'autres parties étrangères, et qui de plus est combiné avec le carbone des charbons.—Voyez son *Lehrbuch der Artillerie-Wissenschaft aus dem Spanischen, erster Theil, erster Band, 3^e Abth. § 54.* Leipzig, 1795.

(8) Plusieurs circonstances portèrent MM. Monge, Berthollet et Van der Monde à admettre l'existence de l'oxygène dans la fonte blanche. Probablement une légère différence entre la quantité de carbone leur parut-elle insuffisante pour expliquer la différence considérable des propriétés des deux espèces de fonte. Cette hypothèse ne les aurait pas induits en erreur, s'ils avaient porté leur attention sur la manière dont le fer et le charbon sont combinés dans l'une et dans l'autre espèce de fonte.

Dans la fonte blanche l'analyse n'a jamais fait découvrir la moindre trace de carbone non divisé ou graphite, excepté lorsqu'il se trouvait dans les petites parties de fonte grise mêlée à la première. La fonte grise, au contraire, contient toujours une moindre quantité de carbone divisé, et en même temps beaucoup de graphite. Dans les deux espèces de fonte on n'a jamais trouvé de trace d'oxygène. L'acier ne donne que du carbone divisé et point de graphite. Le fer se comporte de même, seulement la quantité de carbone est moindre que dans l'acier. Le fer produit par la fusion de limaille de fer avec 25 pour cent de battitures, ne contient pas de carbone. Dr. Hartmann, *Lehrbuch der Eisenhüttenkunde*, Berlin, 1833, I^{er} Th. S. 75 et 76, n° 105. (T.)

(v) *Système des connaissances chimiques*, etc., par A. F. Fourcroy, tome VI, pag. 150 et 151.

(w) *Dictionnaire technologique ou Nouveau Dictionnaire universel des arts et métiers*, etc., tome I, article acier, page 144. *De l'acier naturel*, etc.