

que de la manière d'en extraire le fer et d'en faire
différentes espèces principales de fonte obtenues par la
conversion des minerais, selon que le haut-fourneau est
mené convenablement ou négligemment.

DES BOUCHES A FEU.

DES MINERAIS DE FER.

Il n'y a aucun métal aussi abondamment répandu sur la terre que
le fer; il se trouve, non-seulement dans le règne minéral et dans
quelques eaux minérales, mais aussi en faible quantité dans les cen-
dres de différents arbres et plantes, et même dans le sang des hommes
et des animaux. Il ne se trouve cependant que très-rarement à l'état
naturel de métal; on a trouvé quelques morceaux dans cet état dans
quelques endroits de la Sibirie, on les conserve comme curiosités dans
les cabinets d'histoire naturelle (o), parce qu'on ne rencontre ordi-
nairement ce métal qu'uni à des matières étrangères.

(o) La rareté du fer natif dans la nature en a fait révoquer en doute l'existence.
Il paraît pourtant certain qu'on l'a trouvé en quelques lieux dans des fentes de ro-
chers; c'est ce qui, d'après Markgraff, est arrivé à Liebenstock en Saxe.
On le trouve aussi quelquefois sous la forme de stalactites rameuses, entouré
d'une croûte d'oxyde de fer et de substances terreuses, comme Schreiber dit en avoir
trouvé près de Grenoble dans une montagne nommée Oulla.
Mais on a trouvé le fer natif en plus grande quantité, en gros blocs, dans diffé-
rents endroits de la surface de la terre; ce sont des masses irrégulières de couleur
noire, ayant une surface inégale avec beaucoup de trous, contenant quelques sub-
stances vitreuses.
Quoiqu'on ait découvert des chambres et des soufflures dans ces blocs de fer, ce
qui leur donne l'apparence de la fonte, il a été prouvé par Bergmann qu'ils n'ont
pu être produits par l'art, parce que la matière qu'on trouve dans ces cavités n'a
rien de commun avec les laitiers que produit un fourneau. Ce fer a une cassure blan

DESCRIPTION

DE LA FABRICATION

DES BOUCHES A FEU.

DES MINERAIS DE FER.

Il n'y a aucun métal aussi abondamment répandu sur la terre que
le fer; il se trouve, non-seulement dans le règne minéral et dans
quelques eaux minérales, mais aussi en faible quantité dans les cen-
dres de différents arbres et plantes, et même dans le sang des hommes
et des animaux. Il ne se trouve cependant que très-rarement à l'état
naturel de métal; on a trouvé quelques morceaux dans cet état dans
quelques endroits de la Sibirie, on les conserve comme curiosités dans
les cabinets d'histoire naturelle (o), parce qu'on ne rencontre ordi-
nairement ce métal qu'uni à des matières étrangères.

(o) La rareté du fer natif dans la nature en a fait révoquer en doute l'existence.
Il paraît pourtant certain qu'on l'a trouvé en quelques lieux dans des fentes de ro-
chers; c'est ce qui, d'après Markgraff, est arrivé à Liebenstock en Saxe.
On le trouve aussi quelquefois sous la forme de stalactites rameuses, entouré
d'une croûte d'oxyde de fer et de substances terreuses, comme Schreiber dit en avoir
trouvé près de Grenoble dans une montagne nommée Oulla.
Mais on a trouvé le fer natif en plus grande quantité, en gros blocs, dans diffé-
rents endroits de la surface de la terre; ce sont des masses irrégulières de couleur
noire, ayant une surface inégale avec beaucoup de trous, contenant quelques sub-
stances vitreuses.
Quoiqu'on ait découvert des chambres et des soufflures dans ces blocs de fer, ce
qui leur donne l'apparence de la fonte, il a été prouvé par Bergmann qu'ils n'ont
pu être produits par l'art, parce que la matière qu'on trouve dans ces cavités n'a
rien de commun avec les laitiers que produit un fourneau. Ce fer a une cassure blan

Les corps avec lesquels le fer se trouve combiné peuvent être rangés :

- 1° En combustibles, tels que le carbone, le soufre et le phosphore.
- 2° En métaux, comme le zinc, le manganèse, le plomb (sulfuré), l'arsenic, le chrome, le nickel, le cuivre et le titane.
- 3° En terre, comme la barite, la silice, la chaux, la magnésie et l'alumine.

Les molécules de fer combinées à ces corps étrangers étant en contact continu avec l'air atmosphérique et la terre, qui tous les deux contiennent beaucoup d'eau, et par conséquent beaucoup d'oxygène, et le fer ayant d'ailleurs beaucoup d'affinité pour l'oxygène, qui en s'unissant avec lui le fait passer à l'état d'oxyde, il arrive que (sauf les morceaux de fer natif déjà mentionnés, et qui sont très-rares) on ne trouve pas de fer, si ce n'est à l'état d'oxyde, à un plus ou moins haut degré d'oxydation. Dans cet état il a perdu son éclat métallique, et les diverses combinaisons dans lesquelles il se trouve engagé avec les corps énumérés font qu'il est trouvé géné-

ralement dans la nature sous la forme de pierres massives ou creuses de diverses formes, et plus ou moins dures; quelquefois aussi sous la forme de cristaux brillants et colorés; ou bien encore, sous l'apparence de gravier granulé comme des pois, ou enfin comme boue ferrugineuse, saumure plus ou moins séchée; toutes ces matières contenant du fer ont une couleur noirâtre, brune, jaune, rouge, violette ou grise, qui doit être attribuée aux différents degrés d'oxydation du fer, et aux divers corps étrangers qui sont combinés avec lui.

On a trouvé une de ces masses, pesant 1500 kilogrammes, sur le continent de l'Amérique méridionale, et différentes autres au Pérou et au Mexique. Pallas en a découvert une de 800 kilogrammes en Sibérie. En Bohême également, et dans l'intérieur de l'Afrique, il existerait de pareilles masses de fer natif; enfin elles contiennent toutes un peu de nickel, d'après l'opinion des chimistes.

On a longtemps et inutilement fait des conjectures quant à l'origine de ces blocs de fer, qu'on a trouvés ordinairement dans des contrées où il n'existe pas de traces de mines de ce métal; mais comme on trouva beaucoup d'analogie entre leur apparence extérieure et celle des pierres aérolithes qu'on a vus différentes fois tomber de l'atmosphère, on est porté à leur attribuer la même origine. Cependant on ne peut affirmer si les premiers ont une origine météorique, ou si la nature les a produits à l'état de métal; on sait seulement que l'art ne peut pas produire de fer entièrement exempt de carbone, vu que celui-ci est indispensable à la réduction des minerais et à leur conversion en fonte; ces masses de fer donc, qui n'en contiennent pas de traces, ne peuvent pas être un produit de l'art; de là il ne résulte cependant pas que toutes celles dans lesquelles on trouve du carbone le soient. *Voy. Dr. C. J. B. Karsten, Archiv. für Bergbau und Hüttenwesen, Band 1, Hest, 2, S. 120, n. 121.*

Il est moins rare qu'on pourrait le supposer de voir tomber des pierres de l'atmosphère, car il paraît, d'après les notes qu'on a tenues à ce sujet, que dans l'espace de trente années on a observé 33 phénomènes de ce genre. Tous les aérolithes sont composés en général de 50 de silice, 25 de fer en partie oxydé, 5 à 6 de magnésie, 4 à 5 de soufre, 2 à 3 de nickel métallique, 1 à 2 de manganèse oxydé, 1 à 2 de chrome, probablement aussi à l'état d'oxyde, des traces de cobalt.

Quand ces matières contiennent une quantité d'oxyde de fer suffisante pour qu'on puisse en extraire le fer avec avantage, on les nomme minerais de fer, et les lieux où on les trouve réunis en grandes quantités ont reçu le nom de mines de fer.

On distingue les mines en général en *primitives*, de *transport* et *d'alluvion*; les premières sont celles qui n'offrent pas de traces de révolutions, et existent par conséquent probablement depuis la formation du globe. Les deux autres espèces sont celles qui ont été transportées ou congérées par l'effet de puissantes commotions, telles que des éruptions volcaniques ou de grandes inondations, qui, en ravageant une partie de la surface terrestre, en arrachent des parties pour les transporter ailleurs.

Comme actuellement on découvre de plus en plus des traces de pareils bouleversements, qui ont eu lieu à des époques différentes sur quelques parties de la terre, il est certain que la plupart des mines appartiennent aux deux dernières espèces, dans lesquelles on doit ranger aussi très-probablement celles situées dans les Pays-Bas.

Le gisement, aussi bien que l'état des minerais de fer, indique s'ils appartiennent à l'espèce primitive ou à celle des mines d'alluvion. On trouve les premiers remplissant les fentes de quelques roches de granit, de quartz, ou d'autres roches primitives, ou bien étendus en couches parallèles parmi les mêmes roches. Les minerais d'alluvion, au contraire, sont trouvés tantôt sous des couches inférieures de sable de rivière, tantôt sur un lit de pierre calcaire, et quelquefois recouverts seulement d'une couche mince de sable ou de terre ordinaire; on trouve aussi quelquefois des cavités considérables remplies de minerai qui paraît y avoir été poussé par alluvion; ensuite on en découvre encore des amas ou nids au milieu de terrains argileux, et enfin on le rencontre dans différentes mines de houille, ordinairement par lits, entre une espèce de pierre argileuse.

Les minerais de fer primitifs sont généralement plus purs que ceux

d'alluvion; ils sont moins oxydés, et rarement combinés à d'autres métaux, excepté un peu de manganèse.

Ceux de la deuxième espèce, au contraire, sont assez souvent mêlés de produits végétaux et de pierres dures, qui ont été arrachés apparemment de leur gisement primitif, en même temps que le minerai; en outre, ils contiennent en général plus des corps étrangers que nous avons énumérés; on y rencontre principalement le sulfure de fer, le phosphate de fer, l'arséniure, le carbure de fer, etc.

De la combinaison de ces métalloïdes ou métaux, avec les oxydes de fer des différents degrés, résultent les minerais de fer variés ci-dessus mentionnés. Ils ont été classés par les chimistes en diverses espèces principales, par rapport à la nature de leurs principes composants et leur forme; mais comme plusieurs minerais ne contiennent pas assez de fer, pour qu'on puisse en retirer ce dernier avantageusement, il suffira de parler ici de ceux dont on opère la conversion dans divers pays. Le tableau^{er} ci-contre en présente la classification, comme Hassenfratz la donne dans sa *Siderotechnie*, tome I, pag. 89.

Le fer s'extrait plus facilement d'un minerai que de l'autre, ce qui vient des corps étrangers auxquels se trouve combiné l'oxyde de fer. La présence de ces corps a d'ailleurs encore une grande influence sur la qualité plus ou moins bonne du fer ou de la fonte produits. Certains minerais fournissent constamment une fonte plus dure et plus blanche que les autres. C'est ce qui a lieu, dit-on, pour les minerais de Périgord, lesquels produisent une fonte qui, sous d'autres rapports, serait d'une bonne qualité.

Il est possible que les minerais de fer qu'on y emploie contiennent une partie d'oxyde de manganèse, dont la chaleur dégage une quantité considérable d'oxygène, qui, s'emparant d'une certaine quantité de carbone, rend la fonte plus blanche, et lui communique ainsi un plus haut degré de dureté (1).

(1) Voici l'opinion de Karsten sur l'influence exercée sur les produits par la présence du manganèse dans les minerais de fer.

« Le manganèse est de tous les métaux celui qu'on rencontre le plus souvent avec le fer. Il le rend plus dur sans en affaiblir la ténacité, lorsqu'il est en faibles portions. On ne pourrait affirmer à quelle dose il commence à exercer une action nuisible sur la résistance du fer. » *Manuel de la Métallurgie du fer, traduit par Culmann*, 2^e édition, Liège, 1830; 1^{er} volume, page 228, n^o 289.

Plus loin le même auteur dit (n^o 292) : « Les minerais contenant beaucoup de manganèse sont tellement disposés à donner de la fonte blanche, qu'on a cru, quoiqu'à tort, qu'ils ne pouvaient produire de la fonte grise, et que la présence du manganèse s'opposait à la formation du graphite. Plus tard on a vu que la couleur de la

On a d'un autre côté des minerais qui produisent constamment une fonte douce, grise, et forte ou tenace, de la meilleure qualité, ce qui a lieu quand l'oxyde de fer est mélangé avec de l'argile douce ou de l'alumine, de la silice, de la chaux ou du carbone. Diverses mines de fer en Suède, en Allemagne, etc., sont considérées comme appartenant à cette espèce excellente.

Il existe cependant aussi des minerais dont on obtient une fonte grise et douce, mais pas tenace; la plupart de ceux qu'on rencontre le long de la Meuse, dans les provinces de Liège et de Namur, appartiennent à cette espèce; cela doit probablement être attribué à la présence de corps étrangers ou d'oxydes métalliques (comme par exemple ceux du plomb, du cuivre, que quelques-uns de ces minerais contiennent outre l'oxyde de fer), et dont la fonte, par l'opération qu'on fait subir à ces minerais, ne peut pas être complètement purifiée.

La fonte dépendait de la température du foyer, et que le manganèse ne favorisait la production de la fonte blanche que d'une manière indirecte, parce qu'il formait avec la silice un silicate très-fusible. De plus, on s'est assuré que la fonte grise obtenue des minerais manganésifères contenait en général plus de manganèse que la fonte blanche. La disposition de ces minerais à produire cette espèce de fer cru ne provient donc que de la fusibilité des laitiers. On obtient aussi de la fonte grise lorsqu'on leur ajoute des bases formant des silicates réfractaires, et qu'on élève la température du foyer. » (T.)

TABLEAU I. — CLASSIFICATION DES MINÉRAIS DE FER, D'APRÈS HASENFRAZT, CONTENANT UNIQUEMENT LES ESPÈCES DONT LA RÉDUCTION EST AVANTAGEUSE.

ESPÈCE.	VARIÉTÉ.	CARACTÈRES EXTÉRIEURS.	LIEUX D'OU ON LES TIRE.	TENEUR.
Peu oxydés, jouissant du brillant métallique.	Première. — Cristalliforme (cristallisé).	A cette espèce appartient l'aimant; ils sont tous attirables à l'aimant et ont une couleur grise tirant sur le noir, avec peu de brillant métallique. Ceux de la première et de la troisième catégorie sont généralement composés de cristaux hexaédriques.	Ceux de la première et de la deuxième espèce se trouvent étendus en couches, ou bien dans des crevasses de rochers. Le sable ferrugineux se trouve le long des rivages de la mer du Nord; il est surtout abondant en Sibérie, et dans les provinces de Hongrie, en Russie, en Bohême, en Hongrie, en Sardaigne, en Piémont, dans le royaume de Naples, dans l'île d'Elbe, en Chine, à Siam et en Afrique.	De 4/4 à 95 pour cent de fer peu oxydé; 2 à 2 1/2 pour cent de silice, peu de chaux, un peu plus d'alumine; presque jamais d'autre oxyde métallique que celui de manganèse. Ils peuvent produire 32 à 76 pour cent de fer pur.
	Deuxième. — Masses irrégulières (amorphe).			
	Troisième. — Sable ferrugineux (sérénacé).			
Spathiques.	Première. { Grise tirant sur le jaune.	Ce minéral n'a pas l'air d'un minéral de fer; il consiste en masses luisantes, tantôt d'une teinte presque blanche, tantôt sur le gris jaunâtre, tantôt d'une nuance brune, et quelquefois d'une belle couleur rouge. La cassure a un aspect cristallin, et toute la masse a l'air d'être composée d'écaillés superposées.	Ils se trouvent entre les rochers, en Sibérie, en Hongrie, en Steyermark, dans le Tyrol, en Saxe, en Bohême, dans la Hesse, dans le Nassau, et enfin dans les Pyrénées.	Ils appartiennent à la classe des minerais les plus avantageux, tant sous le rapport de la quantité que de la qualité du fer qui en résulte, et de la rapidité de sa réduction. Ils contiennent de 68 à 84 pour cent d'oxyde de fer, quelquefois un peu d'oxyde de fer, et même, 21 pour cent de magnésie; 47 1/2 pour cent de silice, et une faible quantité de chaux; ils peuvent produire de 36 à 59 pour cent de fer.
	Deuxième. { Brune tirant sur le noir.			

ESPÈCE.	VARIÉTÉ.	CARACTÈRES EXTÉRIEURS.	LIEUX D'OU ON LES TIRE.	TENEUR.		
Oxyde de fer.	Pur En gros morceaux. En fragments.	<p>1* { Mélange de fer et peu oxydé (protoxyde).</p> <p>2* Mamelonné (congloméré).</p> <p>3* Compacte.</p>	<p>On les trouve dans les mêmes lieux, où l'on trouve les minerais peu oxydés à brillant métallique mentionnés ci-dessus.</p> <p>Ces minerais tapissent généralement l'intérieur des cavités, qu'on rencontre dans les mines de fer; on les trouve aussi parmi d'autres minerais de fer, surtout parmi ceux peu oxydés, et spatiques, en Saxe, en Bohême, dans les montagnes du Harz, dans le Nassau et en Angleterre (Cumberland). Les bruns existent, outre ces endroits, en Hongrie, Steyermark, dans le Tyrol et en France.</p> <p>On les trouve en couches dans les terrains argileux, accompagnés des sables argileux ou bitumineux. Ceux qui se trouvent dans les mines de houille et de charbon, sont toujours dans la masse argileuse qui forme les couches de houille. On ne doit pas les confondre avec les morceaux de sulfure de fer qu'on trouve dans les couches de houille mêmes; car on ne peut pas considérer ces sulfures comme bon métal, malgré leur beau brillant métallique.</p> <p>Les minerais argileux se trouvent en Norvège, en Russie, dans la Saxe, en Bohême, en Silésie, en Bavière, en Westphalie, en Angleterre, en France, et dans les provinces de Liège, de Namur et du Hainaut.</p> <p>On les trouve dans la vase ou les dépôts de sources ferrugineuses, ou dans les endroits où des eaux de cette nature se séjournent et qui sont maintenues recouvertes de gazou.</p> <p>On trouve beaucoup ces minerais dans notre pays, en couche ou en tas; dans le sable et la pierre à chaux. Leur gisement aussi bien que leur mélange avec des parties végétales indique clairement qu'ils proviennent d'alluvion.</p>	<p>Continuement de 44 à 86 pour cent d'oxyde de fer; quelquefois un peu d'alumine et moins de chaux. Ils peuvent fournir de 34 à 67 1/2 pour cent de fer.</p> <p>Ils contiennent à peu près 95 pour cent d'oxyde de fer, dans un mélange d'autres matières.</p> <p>La richesse de ces minerais varie beaucoup; ils contiennent souvent du plomb, du zinc, et quelquefois du cuivre. On y trouve généralement du sulfure de fer, du carbonate de zinc, du sulfate de chaux, du phosphate de fer, de la silice et de l'alumine; peu de chaux et beaucoup d'eau. Ceux qu'on trouve dans les mines de houille appartiennent aux fers carbonatés, qui contiennent 80 à 76 pour cent de carbonate de fer, 11 à 65 pour cent d'argile, et 4 à 15 pour cent de carbonate de chaux; ils peuvent produire 14 à 37 pour cent de fer pur. M. le professeur Delvaux, à Liège, a analysé six échantillons de fers carbonatés extraits par voie de liège; ils contiennent, en moyenne, 75, 66 pour cent de carbonate de fer; le plus grand partie de carbonate de chaux, de la magnésie, du manganèse, de la silice, de l'alumine, et dans quelques-unes des terres d'acide phosphorique.</p>		
					Terreux.	<p>Cette espèce consiste généralement en fines masses de couleur tantôt rose, tantôt brune; mais toujours avec des taches ou bandes noires d'un brillant métallique.</p> <p>Consistent en morceaux d'une surface rude à mamelonné, et sont généralement de couleur noire ou brune. Ceux-ci sont des masses très-dures, brunes, noires ou rougeâtres, souvent de cassure rayonnée et quelquefois conchoïde. L'espèce rouge a toujours une cassure poudreuse, et est particulièrement pesante; et malgré leur nuance rouge, ils ont un brillant ressemblant à celui de la mine de plomb des crayons. Parmi les bruns et les noirs, il y en a qui ont l'air de masses plates attachées ensemble, pointes ou aiguilles.</p> <p>Ce sont généralement des masses d'une cassure caillouteuse et douce au toucher, tantôt jaunes, tantôt brunes et quelquefois roses. À la même classe appartiennent les masses de minéral argileuses qu'on trouve dans les dépôts de pays à houillères. Ce sont aussi des morceaux conglomérés, et quelquefois bruns ou noirs. La cassure est anguleuse et d'une nuance brune tirant sur le bleu. Le grillage leur donne une teinte rosée et les rend attirables à l'aimant.</p> <p>Ce sont des masses molles, jaunes, lors de l'extraction, mais qui deviennent brunes ensuite.</p> <p>On les trouve en petits morceaux jaunes ou bien bruns ou rouges. La gangue qui les fait coller ensemble est souvent plus dure que le minéral lui-même.</p> <p>Fragmentés séparés de même couleur que ci-dessus.</p>

Les molécules de ces corps restant donc interposées entre celles du fer, empêchent l'action complète de la cohésion de ce dernier, et en diminuent ainsi la ténacité.

On a vérifié par des épreuves que la fonte pure, étant combinée par la fusion à quelque autre métal, donne un alliage jouissant de moins de ténacité que la fonte seule (p). Quelquefois cet alliage est tellement dur qu'il ne peut être entamé par la lime ni le burin, et éclate sous le choc du marteau. Parfois néanmoins ce composé est assez ductile pour pouvoir être travaillé, mais sa ténacité est beaucoup moindre que celle de la fonte pure; et ces propriétés augmentent ou diminuent d'intensité selon que la quantité de métaux étrangers combinée est plus ou moins grande. Si donc, dans les minerais à réduire, il se trouve des oxydes métalliques étrangers, et si ces derniers sont de telle nature qu'ils ne se volatilisent pas pendant la fusion dans le fourneau, mais sont désoxydés simultanément avec le fer, et, se combinant avec ce dernier, donnent un alliage à la coulée, on obtiendra une fonte possédant les mêmes défauts que celle mélangée avec les métaux étrangers, et dont nous avons parlé ci-dessus.

Outre ces vices que les autres métaux communiquent à la fonte, il est quelques métaux et métalloïdes dont l'influence nuisible ne se manifeste que par la suite, quand même on n'a pu d'abord en découvrir d'indice; comme, par exemple, quand on veut la convertir en fer forgé; si le fer affiné contient du cuivre on le forge difficilement, et on ne peut le souder que difficilement ou presque pas; si le fer en barres contient de l'arsenic, on peut le travailler à froid, mais, chauffé, il se fend et casse sous le marteau (ce fer est dit cassant à chaud ou rouverin). Par contre, le fer en barres contenant du phos-

(p) Dans l'*Archiv für Bergbau und Hüttenwesen* du Dr C. S. B. Karsten, vol. VIII, cahier I, page 196, article *Metallegirungen*, on trouve: que le sieur Robert Vazie a obtenu en septembre 1822, un brevet pour l'alliage de cuivre jaune et de fonte. Le même dit: que pour le coulage de divers objets devant contenir des eaux acides, une partie de laiton sur 100 de fonte suffisent pour améliorer le fer et le préserver de l'action corrosive des acides; mais que pour les cylindres de machines à vapeur, tuyaux de pompes ordinaires, les robinets, etc., qui sont exposés à un grand frottement, la proportion des deux métaux doit changer. Cet alliage serait beaucoup plus tenace et plus fort que chacun des composants isolément.

Le comte Von Berger, qui a la surveillance supérieure des fonderies de fer dans le royaume de Saxe, a assuré à l'auteur de cet ouvrage, qu'on s'y sert pour le coulage d'objets en fer, devant exercer beaucoup de force, d'un alliage composé de six parties de cuivre rouge sur 100 parties de fonte, et que ce composé est beaucoup plus tenace et plus résistant que la fonte seule.

phore est facilement forgé à chaud; mais il a la propriété nuisible de ne pas plier étant travaillé à froid, et de casser sous le marteau, souvent même à une autre place que celle qui est frappée (ce fer est dit cassant à froid ou aigre). L'expérience a appris pareillement que le fer battu qui contient beaucoup de soufre (2) est raide et cassant. Il suit de tout ceci: que de la fonte qui contient de l'arsenic et du phosphore ou du soufre simultanément, on ne peut pas tirer de bon fer forgé.

Une condition essentielle pour obtenir du fer bon et fort est donc d'employer pour sa production des minerais qui ne contiennent pas ou très-peu d'oxydes métalliques étrangers, de phosphore ou de soufre. La présence de ces corps pouvant être découverte par des décompositions chimiques, cette dernière précaution ne devrait jamais être négligée par les fondeurs de fer, avant de se servir de minerais inconnus. Mais comme la plupart du temps ils ne sont que peu ou point familiarisés avec les recherches chimiques, et semblent tenir plutôt à la quantité des produits qu'à la qualité des minerais, ils examinent ordinairement une petite quantité des minerais en les faisant fondre dans un creuset ou dans un petit fourneau destiné à cet usage, après avoir ajouté les fondants qu'ils croient nécessaires (et qui sont donnés d'une manière très-diverse par les différents auteurs); ils cherchent ainsi à juger du plus ou moins de richesse des minerais examinés, d'après la quantité de fonte qu'ils en ont obtenue (3).

(2) D'après Karsten, le fer contenant 0,00034 de soufre ne peut plus être forgé, et a entièrement perdu sa soudabilité, et le fer contenant seulement 0,003 n'a pas perdu sensiblement en ténacité, mais que plus cette quantité de phosphore augmente, plus il devient cassant à froid, de manière que lorsqu'elle est de 0,01, les barres ne se laissent plus courber à angle droit. Au-dessus de cette quantité, le fer deviendrait si mauvais qu'il ne pourrait plus servir qu'à peu d'usages. Ces fers phosphurés possèdent une grande soudabilité, et passent plus vite que tous les autres à la chaleur blanche. Voyez le *Manuel de la métallurgie du fer, traduit par Culmann*, 2^e édition, Liège, 1831, tome Ier, pages 152-155, nos 193-197. (T.)

(3) Voici la méthode indiquée par Dumas pour effectuer les essais en petit. La réduction des minerais exige presque toujours l'addition d'une matière calcaire (*castine*) ou d'une substance siliceuse (*erbece*). Des essais répétés font connaître la proportion convenable de ces fondants. Ces essais s'exécutent dans un creuset brasqué, dans lequel on met d'abord avec le minerai un excès de castine, qui est en général la matière qui manque au minerai; cet essai fait connaître le maximum de fonte, car la chaux de la castine empêche la silice de former un silicate de protoxyde de fer, irréductible par le charbon, et si elle est en quantité suffisante, tout l'oxyde de fer demeurant libre peut être réduit. On fait ensuite d'autres essais en diminuant chaque fois la quantité de castine, jusqu'à ce que le produit en fonte diminue; alors on

On appelle une pareille opération : recherche docimatique ; et comme un minéral se réduit bien plus facilement que l'autre, on peut par-là connaître non-seulement les différents degrés de fusibilité des minerais, fournis par les diverses mines de fer, mais aussi la proportion la plus avantageuse suivant laquelle on peut opérer sur les minerais riches et peu fusibles, et ceux plus stériles mais très-fusibles, et obtenir ainsi un produit suffisant de fonte ; car en général les minerais les plus riches sont plus difficiles à réduire que ceux qui sont plus pauvres en oxyde de fer.

C'est pour cette raison que les fondeurs de fer se servent de minerais provenant de mines différentes ; ils emploient encore ceux dont les principes composants sont tels, qu'étant réunis ils deviennent fusibles d'eux-mêmes par l'action de la chaleur et du fondant nécessaire, et favorisent ainsi la formation de la fonte.

Les minerais de fer, dans l'état où ils sortent des mines, ne sont pas encore propres à être convertis immédiatement en bonne fonte ; mais ils doivent d'abord subir la préparation mécanique, consistant, suivant leur nature, en diverses opérations, comme : *le lavage, le triage, le grillage et le bocardage.*

La plus grande partie des minerais de fer, savoir, ceux qu'on a extraits par des fouilles et qui contiennent comme les gangues de l'argile et d'autres matières terreuses dont ils sont entourés ou dont leurs cavités intérieures sont remplies, exigent le lavage qui se fait après qu'on a brisé les masses terreuses et les minerais qui en contiennent, afin que l'eau puisse les entraîner.

Ce lavage se fait de différentes manières, dépendant ordinairement des circonstances locales dans lesquelles se présentent les eaux

connaît le minéral de castine, car si on en mettait moins il se formerait un silicate de protoxyde de fer.

Quand le minéral est pyriteux, il faut au contraire chercher la proportion de castine la plus forte que les minerais puissent supporter, sans que les laitiers cessent d'être sensibles. En effet, l'excès de chaux enlèvera le soufre avec lequel elle forme un sulfure de calcine qui passe dans les laitiers.

Quand le minéral est trop calcaire, il faut chercher le minimum de matière quartzeuse à ajouter, car c'est ainsi qu'on obtiendra le maximum de fonte. Ensuite on augmente un peu le fondant siliceux, jusqu'à ce qu'on ait les laitiers les plus vitreux, sans avoir diminué la production de fonte.

Pour tous ces essais on doit rendre autant que possible les circonstances identiques avec celles qui ont lieu lors de la réduction dans le haut-fourneau.

Dumas, *Traité de Chimie appliquée aux arts*, Paris, 1833, tome IV^e, liv. VII, chap. XX, n^o 2814, p. 642. (T.)

nécessaires, et de l'espèce des minerais. La méthode la plus usitée est la suivante : on creuse en travers d'un ruisseau, deux ou trois bassins assez rapprochés, qui sont quelquefois revêtus en bois, et qu'on fait communiquer par un canal dans la direction du cours d'eau. Dans le premier de ces bassins on met les minerais, qu'on y réunit fortement à l'aide de rables, (le rable est une petite planchette fixée en travers de la partie inférieure d'un manche) ; par là l'argile et les parties sablonneuses s'amollissent, se détachent et sont enlevées par le courant du ruisseau, tandis que les minerais et les autres corps pesants, cherchant le fond, sont entraînés par l'eau à travers le canal dans le second bassin, de celui-là dans le troisième, etc. Le minéral convenablement lavé est retiré du dernier bassin et mis en tas pour sécher.

Si le minéral est à petits grains, ou s'il contient une grande quantité de petits morceaux, qui vont au fond des bassins en même temps que les parties sablonneuses pesantes, on doit séparer les premiers des dernières par le tamisage, qui peut se faire avec des treillis en fil de fer ou des paniers.

Si les minerais n'étaient pas complètement nettoyés par ce lavage, il serait nécessaire de le répéter ; mais outre cela il est souvent utile de laver une seconde fois certains minerais, après qu'ils ont été exposés pendant longtemps à l'influence de l'atmosphère, quand par exemple ils contiennent de la magnésie, du sulfate de chaux, ou des sels, qui, étant dissous en tout ou en partie par les principes de l'air, se portent à la surface des minerais et là par les variations de sécheresse et d'humidité de l'air s'écaillent ; or, comme ces écailles sont enlevées par le lavage, il en résulte que cette dernière opération effectue la séparation des matières en question d'avec les minerais.

Comme pendant le lavage des minerais, on peut distinguer ceux-ci facilement des cailloux et autres matières, comme le sulfure de fer ou pyrite, etc., qui se trouvent souvent dans les mines, il est nécessaire de séparer soigneusement ces dernières, afin d'obtenir le minéral aussi pur que possible. De plus, beaucoup de minerais de fer doivent être grillés, c'est-à-dire exposés à la chaleur d'un feu modéré. Ceci se fait pour quelques-uns afin de diminuer la cohésion de leurs principes composants, ce qui permet de les casser et d'en opérer la fusion plus facilement. Car les matières dont les parties ferreuses oxydées sont entourées et entremêlées, se contractent par la chaleur, et se fendillent, ce qui diminue leur résistance, et livre, lors de la fusion dans le fourneau, un passage au calorique et au gaz acide

carbonique, et accélère ainsi la réduction. Pour d'autres minerais le grillage sert à chasser les parties volatiles qu'ils contiennent, principalement le soufre; d'autres encore ont besoin de cette opération pour chasser l'acide carbonique superflu et l'eau (4).

Ce grillage s'exécute, quelquefois en plein air, sur de petits tertres égalisés à leur sommet, ou dans des bacs à griller munis de trous de tirage, ou bien dans des fours à griller (lesquels ont beaucoup d'analogie avec les fours à chaux), qui sont placés dans des bâtiments couverts destinés à cet effet. Pour effectuer l'opération, on met le minerai de fer par couches alternant avec des lits de charbon de bois, ou de bois sec, et on les brûle ainsi à un degré de chaleur, qui ne doit pas être assez élevé pour que le minerai commence à fondre, ou que par la liquéfaction des parties terreuses qu'il contient, il s'en-toure d'une croûte vitreuse, c'est-à-dire se scorie, ce qui empêcherait plus tard, lors de la fusion, le calorique et l'acide carbonique de pénétrer convenablement dans l'intérieur des morceaux. Quelques espèces de minerais de fer demandent aussi qu'on les jette dans l'eau encore tout chauds, et au sortir du grillage, et qu'on les y laisse séjourner quelque temps. Cette opération est particulièrement utile

(4) Voici ce que dit Dumas du grillage des minerais de fer : « Les minerais de fer » sont ordinairement accompagnés de silice, et quand cet acide manque, on est » obligé d'en ajouter, pour déterminer la fusion des matières terreuses, qui se » trouvent toujours avec l'oxyde de fer. La silice possède la propriété de former avec » le protoxyde de fer (oxyde ferreux), un silicate qui ne se laisse pas réduire par le » charbon, quand il renferme assez d'acide pour un silicate neutre, et, à plus forte » raison, un silicate acide. Il est donc essentiel d'éviter la production de ce silicate » de fer. Parmi les moyens que l'on peut mettre en usage pour cela, le grillage des » minerais n'est pas le moins efficace. A l'aide de ce grillage, les minerais, perdant » l'eau, l'acide carbonique, et en général les matières volatiles qu'ils renferment, » sont ramenés ainsi à un état poreux, qui les rend propres à se laisser pénétrer par les » gaz. Placés dans le fourneau de réduction, et enveloppés par la flamme, ils sont » en contact par chacune de leurs molécules avec l'hydrogène carboné qui fait partie de la flamme et se réduisent dès qu'ils ont atteint la chaleur rouge naissant. » Le fer est donc ramené à l'état métallique, longtemps avant que les silicates puissent prendre naissance, et lorsque ceux-ci se forment, le fer, déjà désoxydé, ne » peut plus entrer en combinaison avec la silice, si cet acide trouve, d'ailleurs, des » bases puissantes qui le saturent.

» Les minerais grillés possèdent un autre avantage : ne pouvant plus fournir de » matières gazeuses dans le fourneau de réduction, ils laissent à celui-ci son tirage » complet, et ne forment pas, vers le haut du fourneau, une source de gaz sans » cesse alimentée, qui s'oppose au libre passage de la flamme, et qui en outre la » refroidit. » — Dumas, *Traité de Chimie appliqué aux arts*, Paris, 1833; T. A. p. 617 et 618, n° 2788. (T.)

pour les minerais de fer contenant du soufre, de l'arsenic, etc., lorsqu'il s'y est formé pendant le grillage des sulfates et des phosphates imparfaits, qui, étant solubles dans l'eau, sont enlevés par le lavage; de plus, le minerai devient plus cassant, et par là plus propre à la réduction.

C'est pour la même raison, qu'on laisse quelquefois le minerai exposé en plein air, pendant un temps considérable, et souvent pendant des années, à l'influence de l'atmosphère et des variations de température et d'humidité, avant d'en opérer la fusion. Les minerais doivent encore, après leur grillage, pour autant que cela peut se faire, être cassés en morceaux d'égale grosseur, d'un à deux centimètres de diamètre : ceci se fait, soit avec des marteaux à main en fer, soit avec une machine à piler destinée à cet effet, nommée bocard; les pilons en fer ou ferrés de ce bocard, sont levés par l'arbre à cames d'une roue hydraulique, et retombent par leur propre poids sur les morceaux de minerai qu'on a placés pour être cassés dans les mortiers qui se trouvent adaptés avec leurs chassis sous les pilons.

Comme par ce bocardage, et le grillage qui a eu lieu précédemment, on a pu découvrir si les morceaux de minerai sont composés uniquement de minerai de fer, ou s'ils contiennent aussi du quartz ordinaire, ou d'autres pierres dures, et cela parce qu'ils prennent par le feu une couleur rouge plus ou moins foncée, tandis que les pierres blanchissent, on peut enfin, si le minerai contenait encore de ces pierres, lui faire subir un dernier triage, en en séparant ces morceaux de cailloux à l'aide de leurs caractères distinctifs.

Quand enfin on a, de la manière ci-dessus décrite, lavé, grillé et séparé autant que possible de matières étrangères, les différents minerais de fer, on les a amenés au point de pouvoir en extraire le fer qu'ils contiennent; et pour cela on les mélange entre eux en telles proportions, que l'expérience ou les épreuves docimatiques ont enseigné être les plus avantageuses.

DES FOURNEAUX DANS LESQUELS ON OPÈRE LA CONVERSION DES MINERAIS

EN FONTE.

La conversion des minerais de fer est effectuée dans des fourneaux de maçonnerie construits à cet effet, dans lesquels on charge une quantité déterminée de ces minerais, avec les charbons de bois, ou