

1 ^o . Pour surveillans et maîtres laveurs.	162 écus 0 gr.	
2 ^o . Pour triage du galet et transport au bocard	75	20
3 ^o . Pour paje des ouvriers de lavage et entretien du canal.	463	4
4 ^o . Pour frais de forge, achat de bois et autres matériaux	109	4
5 ^o . Pour frais de préparation mécanique.	82	20
6 ^o . Pour frais de fonte des schlichs.	105	0
7 ^o . Pour frais généraux	342	0

Total. 1348

D'où il suit que le quintal d'étain revint, cette année-là, à 35 écus environ.

(1) Ce mémoire, traduit par M. Culmann, capitaine d'artillerie, a été ajouté, comme appendice, au premier volume du *Manuel de la Métallurgie du fer*, de M. Karsten : ouvrage très-important, traduit par le même, et qui vient de paraître en deux volumes in-8^o. ; chez Bachelier, Treuttel et Würtz, libraires à Paris. (Voyez, dans la précédente livraison, page 589, l'annonce que nous avons faite de ce même ouvrage.)

MEMOIRE

SUR

LA COMBINAISON DU FER AVEC LE CARBONE,

Lu à l'Académie royale de Prusse, le 17 avril 1823,

PAR M. KARSTEN,

Conseiller supérieur des mines de Prusse, etc.

EXTRAIT (1).

On a distingué trois sortes de fer, fer doux, acier, et fer cru ou fonte de fer ; mais le passage du fer doux à l'acier est tellement insensible, qu'on ne peut assigner avec certitude la limite qui existe entre le fer le plus dur et l'acier le plus mou ; toutefois, il est peut-être encore plus difficile d'établir une séparation exacte entre l'acier et la fonte. Il existe beaucoup d'acier qu'on pourrait appeler fonte, et l'on rencontre différentes fontes qui pourraient prendre le nom d'acier. Ce n'est souvent qu'à l'aide d'une longue habitude qu'on parvient à distinguer la fonte de l'acier, par l'inspection de la cassure ; tandis que la différence qui existe entre l'acier trempé et non trempé est extrêmement frappante, et le changement de couleur qui suit tou-

(1) Ce mémoire, traduit par M. Culmann, capitaine d'artillerie, a été ajouté, comme appendice, au premier volume du *Manuel de la Métallurgie du fer*, de M. Karsten : ouvrage très-important, traduit par le même, et qui vient de paraître en deux volumes in-8^o. ; chez Bachelier, Treuttel et Würtz, libraires à Paris. (Voyez, dans la précédente livraison, page 589, l'annonce que nous avons faite de ce même ouvrage.)

jours la trempe suffirait seul pour faire présumer que le métal a éprouvé, par cette opération, une révolution chimique : ce changement est encore bien plus marqué dans le fer cru. La fonte grise ou douce a si peu de ressemblance avec la fonte blanche et dure, qu'on est d'abord disposé à les regarder comme deux métaux différens, quoiqu'il ne faille pourtant qu'un abaissement de température pour faire naître une si grande différence. Nous verrons bientôt que le fer mou forme une série, qui de la fonte grise passe par tous les degrés de la fonte douce, de l'acier et du fer pur; tandis que la fonte blanche, l'acier trempé, et le fer qui est devenu plus dur par la trempe, constituent une deuxième série, qui diffère essentiellement de la première par le mode de combinaison du carbone avec le fer.

A diverses époques, les métallurgistes ont eu des opinions différentes sur la fonte, l'acier et le fer doux; cependant ils se sont toujours accordés à regarder ces substances comme des modifications du même métal, et comme l'analyse chimique pouvait seule fournir des inductions certaines sur la nature de ces modifications, on ne doit pas être étonné qu'on ait reçu si tard des lumières sur ce sujet. Les premiers renseignemens, dus à Schéele, Bergmann, Rinmann, furent pleinement confirmés et éclaircis par les travaux des chimistes français Monge, Berthollet et Vandermonde; toutefois la présence de l'oxygène, qu'on a supposée dans la fonte blanche pour compléter la théorie, et qui fut admise sur de très-faibles raisons, a été bientôt reconnue comme erronée.

La cause de la différence qui existe entre la

fonte, le fer et l'acier, ne pouvait être attribuée qu'au carbone, la fonte en contenant plus que l'acier, et celui-ci plus que le fer forgé; les essais les plus simples, et l'expérience journalière qu'on est à même de faire dans les usines, éloignent toute espèce de doute à ce sujet; mais on pense généralement aussi que la différence entre la fonte blanche et la fonte grise doit être attribuée seulement à la quantité de carbone contenue dans ces deux espèces de fonte, et le métallurgiste praticien a habitué à regarder la fonte blanche comme peu riche en carbone, s'est empressé d'adopter cette opinion.

Nous avons fait voir, depuis plusieurs années, que ce n'est pas à l'aide du carbone seul que l'on peut expliquer les différences d'une espèce de fer cru à l'autre, mais que le point essentiel est le mode de combinaison du carbone avec le fer. Nous avons prouvé, de plus, que la fonte blanche ne contient pas une plus petite quantité de carbone que la grise : de nouvelles expériences, faites depuis cette époque, ont confirmé la vérité de ces assertions; mais elles nous ont appris aussi qu'elles devaient recevoir une rectification essentielle, sur-tout pour ce qui regarde la composition de la fonte grise et celle de l'acier non trempé.

Les difficultés que l'on éprouve pour opérer une analyse exacte des fontes doivent être comptées parmi les causes qui ont retardé la connaissance de la combinaison du fer dans ses différens états. Dans les analyses, le carbone s'échappe souvent, soit avec de l'hydrogène, soit sous la forme d'une huile, et quelquefois on voit se former une poussière d'un brun rougeâtre, que

M. Berzelius compare avec raison à l'extractif, tel qu'on le retire de l'humus ou des terres mélangées de débris d'animaux et de végétaux; en fin, une autre difficulté résulte de ce que les divers composés de fer et de carbone, dont les proportions sont définies, et qui se trouvent dissous dans la masse de fer, ne peuvent être obtenus parfaitement purs, puisqu'au moment même où ils sont séparés du métal ils éprouvent déjà une décomposition.

Pour apprécier la nature de la combinaison du fer avec le carbone, il faut non-seulement déterminer la proportion des élémens, mais aussi indiquer l'état du carbone contenu dans le métal.

Notre but est de rassembler et de comparer entre eux tous les phénomènes que présente le fer dans ses différens états métalliques, pendant les chaudes, le refroidissement, la fusion, la dissolution dans les acides, ou la décomposition opérée de toute autre manière; nous croyons qu'il est très-important de présenter ici l'ensemble des faits qui, dans le travail du fer, peuvent jeter quelque lumière sur la nature de sa composition, d'autant plus qu'une partie de ces faits ont échappé jusqu'à l'attention des chimistes.

L. Phénomènes que présente le fer pendant les chaudes.

Le fer ductile, chauffé au rouge avec ou sans le contact du charbon, conserve ses propriétés après le refroidissement; mais, exposé à la chaleur blanche, au milieu des charbons, il ne reste mou que dans le cas où il se refroidit avec lenteur: plongé dur, à l'état d'incandescence, dans l'eau, ou refroidi subitement d'une autre manière,

il acquiert plus ou moins de dureté, selon la durée et l'intensité de la chauffe.

Le fer le plus doux et le plus tenace devient cassant, et semble avoir perdu sa force de cohésion lorsqu'il a été soumis long-temps, au milieu des charbons, à la chaleur blanche; mais il reprend sa ténacité par des chaudes données dans un feu ouvert et par le corroyage: refroidi lentement, il reste doux; mais, chauffé de nouveau, et soumis à un refroidissement subit, il devient dur et aigre: on sait que ce fer reçoit le nom d'*acier de cémentation*. Le passage de l'état doux à l'état dur est toujours accompagné d'un changement dans la couleur et même dans la texture, et la chauffe qui précède la trempe a été poussée jusqu'à la chaleur blanche. Avant la trempe, la texture est à gros grains blancs et brillans, et l'aigreur du métal est si prononcée, qu'il se laisse piler et réduire en poudre; dans cet état, il a perdu une partie de sa soudabilité; l'acier qui a subi la trempe a pris une couleur plus claire. L'acier de cémentation perd d'autant plus de la propriété de se durcir par la trempe, qu'il est chauffé un plus grand nombre de fois dans un feu ouvert; l'acier naturel, préparé avec de la fonte, peut soutenir cette épreuve plus long-temps; mais l'acier fondu les surpasse tous les deux sous ce rapport.

L'*acier fondu*, obtenu en vaisseaux clos, soit avec de l'acier de cémentation, soit avec des aciers de forge, est toujours moins soudable, et devient plus dur par la trempe que l'acier qui a servi à le préparer lors même que l'acier fondu est chauffé à un moindre degré que l'autre. L'acier de cémentation qui se laisse souder assez

bien avec lui-même, et qu'on peut tremper à un degré de chaleur rouge clair, perd, s'il est refondu, la soudabilité presque en entier, et acquiert, trempé à la chaleur rouge brun seulement, un haut degré de dureté. Si on le trempait ensuite comme avant la fusion, il se comporterait de la même manière que l'acier de cémentation qui aurait été trempé à une trop haute température, c'est-à-dire qu'il deviendrait cassant, qu'il prendrait un gros grain et une couleur blanche.

L'acier trempé qu'on chauffe dans un feu ouvert, ou même dans la poussière de charbon, devient doux lorsqu'il se refroidit lentement; sa couleur, qui était blanche, passe au gris et sa texture, s'il a été trempé à une chaleur trop intense, devient, par la chauffe, plus fine et plus compacte.

Le fer ductile qui reste exposé trop long-temps à une forte chaleur blanche et à l'influence du charbon finit par se fondre et par se changer en fonte grise: le produit conserve encore de la mollesse; mais il est peu malléable, et ne se laisse pas souder. Le fer cru obtenu de cette façon ne diffère en rien de la fonte qu'on retire des minerais.

Lorsqu'on grille de la fonte blanche, aigre et lamelleuse, au contact de l'air pendant un temps assez prolongé, elle prend une couleur plus sombre et une texture grenue; elle devient douce et malléable, et ressemble alors à de la fonte grise. Le même effet se produit d'une manière plus ou moins prononcée quand on empêche l'accès de l'air en entier ou en partie, au moyen d'une couche de cendre d'os, d'argile, de sable quarzeux, de craie, de cendres végétales, et même de

plombagine ou de charbon. La formation de l'oxide dont la surface du métal se recouvre accélère ce changement. Si l'on plonge dans de l'eau la fonte traitée de cette manière, et lorsqu'elle est encore rouge de feu, on fait reparaître sa dureté, et sa texture redevient ou compacte ou grenue, brillante et d'une couleur blanche.

La fonte douce et grise n'éprouve de changement par un grillage prolongé que lorsqu'elle n'est pas garantie du contact de l'air, et qu'elle peut se couvrir d'une couche épaisse d'oxide: sa couleur s'éclaircit alors, sa malléabilité s'accroît, mais sa mollesse n'en est pas changée sensiblement: préservée du contact de l'air pendant la chauffe, elle prend un grain plus gros; elle devient plus cassante, perd de sa malléabilité et même de sa mollesse. Si l'on chauffe au blanc la fonte grise, et qu'on la plonge dans l'eau, elle reçoit une couleur plus claire, et devient plus dure et moins malléable. Ces changemens sont moins prononcés dans les fontes qui proviennent de fourneaux à coke.

En réunissant ces faits, on voit déjà qu'une couleur foncée, jointe à un certain degré de mollesse et de malléabilité, qui en est la suite, n'indique pas précisément une grande quantité de carbone contenue dans le fer cru, de même qu'une couleur claire, jointe à une grande dureté, ne peut être attribuée à l'absence de ce corps; mais on peut en conclure qu'il se fait souvent un changement dans la combinaison du fer avec le carbone, et que ce dernier tend à se séparer du métal lorsque le refroidissement n'est pas instantané. La mobilité de cette substance dans la masse du fer ne doit pas, au reste, paraître

plus surprenante que sa combinaison avec le métal exposé seulement à la chaleur blanche. Dans ces opérations, il se forme un composé de deux corps, dont aucun ne se trouve à l'état liquide, dont l'un est très-difficilement fusible, et l'autre peut être entièrement infusible.

II. *Des phénomènes qui se passent pendant la fusion.*

L'acier de cimentation, fondu en vaisseaux clos avec ou sans flux, et refroidi très-lentement dans le creuset même, devient beaucoup plus doux qu'il ne l'était avant la fusion, et prend une couleur plus sombre tirant sur le gris bleuâtre. La couleur grise est d'autant plus prononcée, que l'acier employé est plus dur, ou que le fer qui a été soumis à la cimentation est resté plus long-temps dans les caisses, et a éprouvé une chaleur plus forte. L'acier liquide, versé dans les moules, subit les mêmes modifications que la fonte, quoiqu'à un bien moindre degré.

L'acier naturel, traité de la même manière, éprouve des changemens moins sensibles; sa texture devient un peu plus grossière.

La fonte grise obtenue avec le charbon de bois, fondue dans un creuset d'argile, et refroidie avec lenteur, reste douce, conserve sa malléabilité, et prend seulement une grainure plus fine; fondue dans un creuset de graphite, elle n'éprouve, le plus souvent, aucune modification dans sa texture. La poussière de charbon (noir de fumée), ajoutée au fer cru, en augmente la douceur, la malléabilité et le poids, et lui communique une couleur gris foncé, noirâtre, si le refroidissement a été long: on voit alors sur la

surface du métal des lames de graphite qui se montrent aussi dans la cassure. Refondue dans le creuset d'argile, et versée sur le sable humide ou dans des moules de fer, ou dans l'eau froide, la fonte grise se change en fonte blanche et aigre, et ce changement est d'autant plus complet qu'on a moins dépassé le degré de chaleur nécessaire à la fusion, et que le refroidissement est plus instantané: si le métal forme une pièce épaisse ses bords deviennent blancs, tandis que le noyau, qui se refroidit plus lentement, conserve la couleur grise; si une pièce épaisse d'une fonte grise, obtenue d'un fourneau au charbon de bois, a été refroidie jusqu'à la chaleur rouge brune, et jetée ensuite dans l'eau froide, sa cassure présente un tout autre aspect; le noyau prend une couleur claire, tandis que l'enveloppe extérieure reste grise, parce que la partie intérieure éprouve dans l'eau un refroidissement subit avant d'avoir été figée.

La fonte grise, refondue dans un creuset de graphite, se comporte comme si elle l'avait été dans le creuset d'argile; mais liquéfiée dans la poussière de charbon, ce fer cru se change plus complètement en fonte blanche que si la fusion avait été exécutée sans une addition de ce combustible. Dans l'un des cas, les moules seront remplis d'une fonte parfaitement blanche, dure et aigre, tandis que dans l'autre ils le seront de fonte grise, ou du moins d'un mélange de ces deux espèces.

Si la fonte grise, obtenue dans les fourneaux à charbon de bois, est stratifiée avec le combustible dans un fourneau à cuve, et mise en fusion devant la tuyère, elle reçoit une couleur plus

blanche et une dureté plus grande que celles qu'elle avait auparavant ; liquéfiée, au contraire, dans des fours à réverbère sans addition de charbon, elle acquiert plus de mollesse, et si le refroidissement s'exécute avec beaucoup de lenteur, elle paraît n'éprouver aucun changement ; mais lorsqu'on accélère le refroidissement, le fer cru se comporte à-peu-près de la même manière que s'il avait été traité dans le creuset d'argile. Les modifications qu'il éprouve sont toutefois d'autant moins sensibles, qu'il a été refondu un plus grand nombre de fois.

La fonte grise obtenue dans les fourneaux à coke, à l'aide d'une haute température, se comporte, dans sa fusion au creuset d'argile et en se refroidissant lentement, de la même manière que la fonte grise obtenue avec le charbon de bois, excepté que la première augmente un peu plus en poids lorsqu'on la refond dans la poussière de charbon ; mais ces fontes, versées dans des moules et refroidies subitement, ne manifestent pas les mêmes propriétés. La couleur, la douceur et la texture de la fonte au coke, n'éprouvent qu'un léger changement : granulée même dans l'eau froide, elle ne se convertit que difficilement en fonte blanche ; si, mélangée de charbon, et couverte d'une couche de ce combustible réduit en poussière, elle se trouve refondue dans le creuset, et tenue long-temps en bain, ses propriétés se rapprochent alors de celles de la fonte grise obtenue avec le charbon de bois, et liquéfiée une seconde fois, c'est-à-dire qu'elle passe plus facilement à l'état de fonte blanche.

Stratifiée avec du charbon, et refondue dans

un petit fourneau à cuve, devant la tuyère, la fonte grise obtenue avec le coke conserve presque toute sa douceur et sa malléabilité : refondue dans un four à réverbère, elle devient encore plus douce et plus tenace qu'elle ne l'était avant la fusion. Il suit de là que cette espèce de fonte subit, dans toutes les circonstances, un changement moins notable que la fonte grise provenant des fourneaux à charbon de bois ; elles ne se rapprochent l'une de l'autre que lorsqu'elles sont refondues avec une addition de charbon dans le creuset, et qu'elles sont maintenues assez long-temps à l'état liquide, sous une couche de ce combustible.

La fonte blanche, la plus dure et la plus aigre, celle qu'on obtient lorsque le haut-fourneau n'est pas encore entièrement dérangé, se comporte, étant refondue dans un creuset et refroidie avec une lenteur extrême, de la même manière que la fonte grise liquéfiée avec une addition de charbon : elle forme un régule gris, doux et malléable ; mais si la fusion s'effectue dans la poussière de charbon, cette fonte n'en augmente pas de poids, à moins qu'elle ne soit mêlée avec la fonte truitée, ou qu'on ne l'ait obtenue dans un fourneau entièrement dérangé. Si pourtant le métal refondu ne se refroidit pas dans le creuset même avec beaucoup de lenteur, il se change promptement en fonte blanche. Le contact seul de l'air froid qui pénètre par le joint d'un couvercle mal luté peut produire ce changement dans le fer cru manganésifère, du moins à la surface du métal. Si l'on voulait verser la matière dans des moules, et empêcher la conversion de toute la masse en fonte blanche, il faudrait

chauffer ces moules à un haut degré, et souvent, malgré cette précaution, on n'obtient qu'un mélange de fonte blanche et de fonte grise, où la première est prédominante.

Refondue dans un fourneau à cuve, au milieu de charbons embrasés, la fonte blanche subit un déchet considérable, et le fer cru qu'on retire possède toutes les propriétés qu'il avait avant la fusion. Si cette fonte est liquéfiée dans un fourneau à réverbère, activé par un tirage considérable, elle ne change pas de nature; mais tenue en bain à une haute température, elle prend une couleur plus foncée, devient de plus en plus douce et malléable, et ne se laisse plus durcir aussi fortement par le refroidissement instantané.

La fonte blanche obtenue d'un fourneau dérangé se comporte, étant refondue dans le creuset, de la même manière que celle qui doit son origine à la fonte grise refroidie subitement. Elle forme, si le refroidissement est très-lent, un régule gris, doux et malléable, d'un grain fin, et qui ne blanchit pas aussi facilement, par le passage subit de l'état liquide à l'état solide, que l'autre espèce de fonte obtenue d'un fourneau non dérangé, et devenue grise par une seconde fusion.

Les conclusions que l'on peut déduire de ces phénomènes sont encore plus évidentes que celles qui résultent du grillage des fers carbonés. La fonte liquide contient le carbone en dissolution, sans proportions déterminées; si le métal se fige rapidement, les combinaisons en proportions définies ne peuvent pas se former, et toute la masse devient alors dure et aigre;

plus le régule est riche en carbone, moins on peut empêcher le refroidissement, et plus la fonte est dure et blanche; moins il contient de carbone, plus le refroidissement s'exécute avec lenteur: en sorte que l'effet produit est le même à peu-près que si l'on avait retardé la congélation, en laissant la fonte dans une température élevée. Il est donc évident que le carbone tend à se dégager du fer, et que la séparation est d'autant plus complète que le refroidissement s'exécute avec plus de lenteur. Une grande quantité de cette substance contenue dans le régule accélère le passage de l'état liquide à l'état solide; il en résulte que, toutes choses étant égales d'ailleurs, le fer qui tient une petite dose de ce combustible en dissolution peut, en refroidissant, donner un métal doux, malléable et foncé en couleur; tandis que le régule, qui est plus riche en carbone, refroidissant plus vite, forme une masse dure, aigre et blanche. Les circonstances qui accompagnent le refroidissement du régule exercent donc une influence aussi forte sur la nature du métal que la quantité de carbone qu'il renferme.

III. *Des phénomènes produits par la dissolution du fer dans les acides.*

Nous ne nous proposons de parler ici que de l'action des acides sulfurique, muriatique et nitrique. Il est peut-être inutile de rappeler que la proportion de carbone contenue dans le fer ne saurait être déterminée rigoureusement par l'analyse que lorsqu'on saura recueillir les nouveaux corps formés par ce combustible pendant l'opération même, et en reconnaître la composition.

On sait depuis long-temps que telle espèce de fer qui, en se dissolvant dans l'acide muriatique, ne laisse aucun résidu, en donne un assez considérable par l'acide sulfurique, et particulièrement par l'acide nitrique. Si tout le carbone contenu se combinait avec de l'hydrogène pour former un gaz, on pourrait, en recueillant celui-ci et le soumettant à l'analyse, déterminer, non sans difficulté, mais avec une certaine exactitude, la proportion de carbone contenue dans le fer; mais il se forme en même temps une huile dont la composition est inconnue, et dont la quantité ne saurait être appréciée avec précision.

De semblables obstacles se présentent avec les acides muriatique et sulfurique, et l'acide nitrique change quelquefois le carbone en une poudre d'un brun rougeâtre de nature inconnue, et qui reste en partie dissoute dans la liqueur.

L'emploi de l'acide sulfureux, proposé par M. Vauquelin, paraît encore plus difficile, parce qu'il se forme du sulfure de fer. On ne pourrait pas non plus atteindre le but en traitant le métal par le persulfate ou le perhydrochlorate de fer, moyen par lequel on éviterait le dégagement de l'hydrogène et la perte de carbone qui en résulte, parce que la dissolution serait imparfaite, et qu'il y a d'ailleurs des espèces de fer qui s'y refuseraient totalement; enfin il se formerait des sous-sels, malgré la précaution que l'on pourrait prendre d'opérer en vase clos.

Quoique la dissolution du fer dans les acides ne fournisse pas un moyen de déterminer rigoureusement la quantité de carbone qu'il contient, les phénomènes qu'elle présente peuvent cependant servir à faire juger de l'état dans lequel

cette substance se trouve dans les diverses espèces de fer carboné.

Le fer doux se dissout dans l'acide muriatique non concentré et dans l'acide sulfurique étendu d'eau, en laissant un résidu graphiteux, qui, après avoir été lavé et séché, devient attirable à l'aimant, et donne, étant grillé avec le contact de l'air dans le creuset de platine, un oxide rouge de fer. En séjournant quelque temps dans les acides étendus d'eau, cette substance devient d'un brun noirâtre, et se change en un charbon qui cesse d'être attirable à l'aimant; l'acide nitrique le convertit très-prompement en une poudre brun rougeâtre, qui, sans laisser de résidu, brûle avant d'arriver à la chaleur rouge. L'acide muriatique concentré dissout le fer, sans laisser aucun résidu, et l'acide sulfurique, faiblement concentré, ne laisse qu'une trace d'une poudre brun noirâtre; en se servant de l'acide nitrique, on obtient un charbon brun rougeâtre, qui, si l'on chauffe la liqueur, se dissout promptement, et donne à la dissolution une couleur brune.

L'acier de cémentation, tel qu'il sort du fourneau, se comporte avec les acides sulfurique et muriatique de la même manière que le fer forgé; mais il laisse pour résidu une plus grande quantité de substance graphiteuse.

L'acide muriatique concentré ne donne aucun résidu; l'acide sulfurique étendu de deux parties et demie d'eau dissout l'acier très-prompement, et pendant l'opération il se détache de petites feuilles de graphite qui se changent en charbon brun noirâtre. Si l'on décante promptement, avant même que l'acier soit décomposé,

et qu'on enlève le charbon déjà formé, en se servant de la potasse caustique qui le dissout et se colore en noir, on peut obtenir ces feuilles assez nettes; douées de l'éclat métallique, elles le conservent tant qu'elles sont plongées dans l'eau, et le perdent assez promptement par l'influence de l'air atmosphérique. Elles sont attirables à l'aimant, et laissent, après leur combustion dans le creuset de platine, un oxide rouge de fer.

L'acide nitrique dissout l'acier-poule très-promptement, et la dissolution est colorée d'une manière très-intense en rouge brun par les feuilles de graphite, qui se changent en charbon brun rougeâtre, et se dissolvent dans l'acide. L'acide nitrique concentré donne une plus grande quantité de graphite que l'acide sulfurique concentré. Cent parties de cette substance laissent, après leur calcination dans un creuset de platine, de 80 à 94 parties d'oxide rouge de fer. L'acide nitrique étendu dissout plus lentement le métal, et il ne se détache pas de feuilles graphiteuses. Lorsque l'acier a reçu une texture plus compacte par le battage à froid, on ne peut plus en séparer des feuilles, même en employant l'acide concentré.

L'acier fondu refroidi lentement se comporte, en se dissolvant dans les acides, presque de la même manière que l'acier de cémentation; seulement la dissolution est plus lente, et les feuilles graphiteuses se changent plus vite en charbon rougeâtre. L'acier fondu martelé se dissout plus lentement dans l'acide nitrique, ainsi que dans l'acide muriatique étendu, que ne le fait l'acier de cémentation. Le résidu graphiteux est mêlé de beaucoup de matières rougeâtres, dont une

partie se dissout ensuite, particulièrement s'il s'agit d'acide nitrique.

L'acier de forge non trempé, l'acier fondu refroidi lentement et la fonte blanche devenue grise par un grillage prolongé, se comportent, dans leur dissolution par les acides, de la même manière que l'acier cimenté refroidi lentement, et rendu plus compacte par le martelage à chaud; la séparation des feuilles graphiteuses d'avec le métal est à peine sensible, parce qu'elles se changent aussitôt en poudre d'un brun rougeâtre.

Tous les aciers trempés manifestent, à l'égard des acides, les mêmes propriétés, modifiées d'ailleurs par le degré d'énergie de la trempe. Celui qui est le plus fortement trempé se dissout dans les acides le plus difficilement et le plus lentement; traité par l'acide nitrique, il donne la poudre brun rougeâtre dont nous avons parlé. Lorsque cet acide est étendu d'eau, on voit se séparer de l'acier des flocons noirs ayant l'éclat métallique, non magnétiques, solubles dans la potasse caustique, et doués de la propriété de brûler avec explosion dans le creuset de platine, sans laisser aucun résidu; ces flocons se changent en poudre rouge brun par leur séjour dans l'acide.

La fonte blanche se comporte comme l'acier trempé; mais les phénomènes sont encore plus prononcés. Les acides sulfurique et muriatique étendus n'exercent presque aucune action sur cette espèce de fer carboné. L'acide muriatique concentré la dissout promptement à la chaleur de l'ébullition, sans laisser aucun résidu. L'acide nitrique, employé à la température ordinaire, sépare du métal des flocons noirs, qui éprouvent ensuite le changement en poussière brune.

La fonte grise se comporte d'une toute autre manière : les acides muriatique et sulfurique étendus d'eau l'attaquent lentement ; on obtient, après plusieurs mois, un résidu qui contient le carbone dans *trois états* différens : une portion de ce résidu se compose de feuilles et d'écaillés douées d'un éclat métallique très-prononcé, non solubles dans les acides et les alcalis, non attirables à l'aimant et ne brûlant qu'à la chaleur rouge ; ce corps est connu depuis long-temps sous le nom de graphite. Une autre partie présente aussi un aspect graphiteux ; mais elle agit sur l'aiguille aimantée, et se comporte de la même manière que la substance analogue, obtenue de l'acier trempé dissous dans les acides : enfin, une autre portion a une couleur brun noirâtre ; elle n'est pas magnétique, colore la lessive de potasse en noir, et brûle avant que le creuset soit rouge. Le graphite se trouve toujours dans le résidu de la dissolution par les acides. Quant aux deux autres produits, il en manque souvent l'un ou l'autre. L'acide muriatique agit sur la fonte grise plus fortement que les acides étendus, sur-tout lorsque son action est augmentée par celle de la chaleur ; une partie du graphite est enlevée mécaniquement par l'hydrogène, mais on en obtient toujours une certaine quantité. L'acide sulfurique, faiblement étendu d'eau, dans les mêmes circonstances, laisse, outre le graphite, du charbon noir, facilement combustible et non attirable à l'aimant.

L'acide nitrique, à 1,3 de pesanteur spécifique, agit assez faiblement sur la fonte grise ; il présente des phénomènes qui paraissent s'accorder tantôt avec ceux que produit l'acier doux,

tantôt avec ceux que produit l'acier trempé. Le premier cas arrive si la fonte est très-grise, et le second lorsque sa couleur est plus claire.

Pour se rendre raison des divers phénomènes que présente le fer carboné en se dissolvant dans les acides, on doit d'abord fixer ses idées sur la nature des substances qui se séparent pendant la dissolution. Le graphite peut être obtenu parfaitement pur, parce qu'il est inattaquable par les acides et les alcalis ; à la chaleur lumineuse et en contact avec l'air, il disparaît lentement sans laisser aucun résidu ; pour en brûler de cette manière 17 grains sous la moufle d'un fourneau d'essai, il me fallut quatre heures, quoique cette moufle eût été entretenue à la chaleur blanche. Cette quantité de graphite n'a laissé sur la feuille de platine où elle était étendue qu'une trace de silice parfaitement blanche, et qui avait échappé à la potasse caustique. Pendant le grillage, le graphite diminue peu-à-peu sans qu'on puisse apercevoir le moindre indice de flamme. Si l'on examine les feuilles à demi calcinées, on voit qu'elles sont devenues plus minces que les autres ; qu'à la lumière elles paraissent transparentes en certains endroits, et qu'elles présentent une texture fibreuse particulière, qu'on n'aperçoit pas dans celles qui n'ont pas été grillées : fondu avec le nitrate de potasse, ce graphite ne produit pas d'explosion, il se consume lentement. Je n'ai pu réussir à changer le sulfate de potasse en sulfure à l'aide de cette matière charbonneuse.

Il résulte de ce que nous venons de dire que le graphite contenu dans la fonte grise n'est pas un composé de charbon et de fer ; mais il paraît

être le charbon parfaitement pur, ou, pour mieux dire, la base métallique de ce combustible : il s'agit donc d'examiner encore si le graphite naturel est un carbone pur, ou bien s'il est véritablement un composé de carbone et de fer.

Il n'est pas aussi facile de déterminer la nature du résidu graphiteux qu'on obtient en dissolvant l'acier non trempé dans les acides : d'abord il faut des circonstances très favorables pour le séparer du métal, et encore se trouve-t-il presque toujours dans un état de décomposition très-avancé. Cette matière, obtenue de l'acier-poule à l'aide de l'acide nitrique concentré, paraît être assez homogène, et encore, malgré beaucoup de précautions, je suis toujours parvenu à des résultats différens dans chaque analyse. La quantité de peroxide de fer restée dans le creuset de platine variait entre 82 et 94 pour 100 ; la proportion qui a été trouvée le plus fréquemment était 40 de charbon avec 60 de métal. D'après cette donnée, la substance dont il s'agit serait composée, dans le système de M. Berzelius, de six atomes de carbone et d'un atome de fer ; toutefois il faut répéter qu'il n'est pas entièrement certain que la matière employée n'avait pas déjà éprouvé de décomposition. Il est vraisemblable que des expériences plus précises feront voir que cette substance n'est pas un *sexto-carbure*, et qu'elle renferme les deux élémens dans une autre proportion ; mais on peut la regarder, sans crainte d'erreur, comme un carbure formé d'un atome de fer uni à plusieurs atomes de carbone ; cette substance se trouve contenue dans le fer forgé, dans l'acier

non trempé, dans la fonte blanche devenue grise par un grillage prolongé, ainsi que dans la fonte grise lorsqu'elle est très-douce et foncée en couleur.

La remarque que nous avons faite précédemment, que le carbone tend à se séparer du fer soumis à une haute température et refroidi avec lenteur, se confirme par la dissolution de diverses espèces de fer combinées. La fonte grise, seule, contient du carbone non combiné, qui, dans cet état, résiste à l'action des acides, et ne produit, pendant la dissolution, d'autre effet que d'en retarder les progrès d'une manière mécanique. Lorsque la matière se refroidit promptement, le charbon n'a pas le temps de s'isoler ; il reste uni à toute la masse du fer, et comme il tend à dérober celui-ci à l'action de l'acide, il participe au changement que ce dernier fait éprouver au métal, ou bien il se trouve entraîné par l'hydrogène à l'état de gaz, ou il se combine avec l'oxigène ou l'hydrogène, et sans doute avec d'autres corps encore, pour former un liquide délagineux, ou enfin il constitue un résidu noir, qui est facilement inflammable, et qui a perdu presque tout son éclat métallique.

Le carbone est contenu d'une autre manière dans l'acier non trempé, et en partie dans la fonte grise ; au lieu d'être combiné avec la masse entière du métal, il ne l'est ici qu'avec une partie en proportion définie, et ce composé se trouve ensuite dissous dans le reste du fer ; il s'ensuit que ces fers mous sont plus fortement attaqués par les acides que ne peuvent l'être la fonte blanche et l'acier trempé, et que l'action de ces réactifs sur le carbone des fers

mous est plus prononcée, parce que ce carbone ne s'y trouve combiné qu'avec une petite quantité de métal.

L'acide nitrique, par exemple, change tout de suite le carbone contenu dans les diverses espèces de fer mou en poudre brun rougeâtre, tandis qu'il ne le sépare d'abord des fers durs que sous la forme d'une substance noire, qui devient seulement rougeâtre par l'action prolongée de l'acide.

Il est donc indubitable que le carbone se trouve en trois états de combinaison dans le fer carboné. Il y est mélangé à l'état de graphite ou combiné avec toute la masse, ou enfin combiné en proportion définie avec une partie du fer, et formant un carbure, qui est ensuite dissous dans le reste du métal.

La mollesse du fer n'est jamais déterminée d'une manière absolue par la quantité de carbone qu'elle contient; mais elle l'est par la quantité du carbone mélangé qu'il renferme, soit à l'état de graphite, soit à l'état de polycarbure, s'il nous est permis d'employer cette expression. La malléabilité à la température ordinaire paraît être proportionnelle à la mollesse du fer; il n'en est pas de même à la chaleur incandescente, parce qu'il se forme alors divers composés de carbone. La fonte grise, qui, à la température ordinaire, est très-douce, perd, lorsqu'on la travaille sous le marteau, étant rouge de feu, d'autant plus de sa douceur que la chaleur a été plus intense. L'analyse prouve aussi que cette fonte grise, forgée, contient beaucoup plus de carbone combiné qu'il n'y en avait avant la chauffe, parce que les coups de marteau rappro-

chent les parties et favorisent l'union des deux corps: c'est par cette raison que, dans les températures élevées, la ténacité du fer est modifiée par la quantité de carbone qu'il contient.

La fonte grise devrait posséder, à la température ordinaire, le même degré de malléabilité que le fer le plus doux, si le graphite qu'elle contient à l'état de mélange ne s'opposait pas à la réunion des molécules du métal.

Nous manquons encore d'expériences sur les modifications que le carbone contenu dans le fer fait éprouver à la ténacité de ce métal; la fonte grise est très-douce sans être de la plus grande ténacité relative; la fonte blanche est la plus dure, ce qui doit diminuer nécessairement sa résistance: il se pourrait que le mélange de deux espèces de fers, plus dur que l'un et plus mou que l'autre, possédât la plus grande ténacité.

Si l'on demandait la raison pour laquelle le carbone contenu dans le fer refroidi lentement n'en est pas toujours séparé à l'état métallique, ou pourquoi le fer en barres et l'acier non trempé, lorsqu'ils ont été en fusion, ne contiennent point de graphite, et qu'on n'y trouve que du polycarbure, il serait difficile de répondre à cette question. On peut croire que la quantité de carbone contenue dans le fer doit être dans un maximum, pour que cette séparation puisse avoir lieu, et qu'au-dessous de ce point il se forme toujours du polycarbure. Il est probable aussi que la séparation du carbone d'avec la masse du métal s'opère dans le premier instant du refroidissement, et que plus tard il se forme les composés que nous voyons naître en chauffant le fer dans la poussière de charbon. Cette supposition

paraît d'autant plus fondée, que l'on peut remplacer, dans la cémentation, le charbon par le graphite ou même par la fonte grise, et que le fer ductile ainsi que l'acier qui contient peu de carbone exigent un très-haut degré de chaleur pour entrer en fusion, et demandent par conséquent beaucoup de temps pour se figer: de sorte que toutes les conditions se trouvent réunies pour que le graphite qui enveloppe les particules de fer en soit absorbé pendant que la matière est encore à la chaleur blanche. A mesure que la dose de carbone augmente, la formation du polycarbure devient plus difficile, puisque la masse se refroidit plus vite, et que le graphite mêlé au fer se trouve enveloppé par une moindre quantité de métal.

Lorsqu'il s'est formé du graphite, on peut être assuré que la matière a été parfaitement liquide: c'est par cette raison que le fer carboné, dur et aigre, chauffé au-dessous du point de fusion et refroidi lentement, ne donne jamais de graphite; mais il s'y forme toujours du polycarbure, interposé entre ses molécules. La cause qui produit ces effets est la même que dans la cémentation du fer, avec la seule différence que, pendant cette opération, le carbone qui doit former le polycarbure arrive du dehors, et que, pendant le grillage, ce carbone est fourni par le métal. Il faudrait trouver le moyen de séparer le carbure de fer sans en altérer la composition, avant de décider que tous les carbures renfermés dans les diverses espèces de fers mous sont composés d'une manière identique.

L'expérience journalière nous prouve qu'une trop forte dose de carbone dans le fer détruit

la malléabilité dans les températures élevées; si le mode de combinaison entre ces deux corps était le même à la chaleur incandescente et à la température ordinaire, on ne verrait pas pourquoi la fonte grise chauffée perd une partie de sa malléabilité, et même pourquoi elle n'en acquerrait pas à un plus haut degré; cette simple observation suffirait déjà pour faire juger du mode de combinaison des deux substances à la chaleur incandescente. La combinaison doit être générale lorsque le fer est à l'état liquide; ce sont l'intensité de la chaleur, la quantité de carbone, la durée de la congélation et du refroidissement, qui déterminent les propriétés du métal, que l'on obtient alors: au reste, la quantité de carbone peut être la même dans le fer mou et dans le fer dur qui a donné naissance au premier.

S'il y a des proportions constantes, on ne doit les chercher que dans les fontes obtenues de la fusion des minerais; la gueuse grise contient soit du carbone libre, soit du carbone combiné, et par conséquent aussi les composés qui en dérivent. La formation de ceux-ci dépend du degré de chaleur qui régnait dans le haut-fourneau et de diverses circonstances de la congélation et du refroidissement. On ne saurait donc encore trouver ici les proportions constantes dont il s'agit; mais on peut espérer de les rencontrer dans la fonte blanche obtenue d'un fourneau dont la marche n'était pas irrégulière, et qui donnait, en vertu d'une juste proportion des minerais, des scories d'une couleur peu foncée. On sait qu'une telle fonte ne saurait être obtenue d'un fourneau à coke sans beaucoup de difficulté, et

qu'on ne peut l'obtenir continuellement dans les fourneaux chauffés au charbon de bois qu'en y traitant des minerais très-fusibles. La fonte blanche, offrant de grandes lames qui annoncent une structure cristalline, fonte que l'on retire dans un état parfait du fer spathique, paraît être la seule espèce de fer cru dans laquelle on puisse trouver des proportions déterminées.

Nous avons vu précédemment que l'analyse du fer carboné, faite en employant les acides, est d'autant plus difficile que ce fer contient plus de carbone à l'état de combinaison. On parvient à des résultats plus certains en traitant le métal par le chlorure d'argent, auquel on ajoute une assez grande quantité d'eau distillée et quelques gouttes d'acide muriatique. On doit opérer en vaisseaux clos; mais quelque soin que l'on prenne, on ne peut éviter entièrement que le résidu charbonneux n'éprouve une altération, qui est démontrée par la nature du gaz qui se dégage, et sur-tout par l'aspect du charbon, qui a perdu son éclat métallique, et qui brûle avec une grande facilité à la chaleur rouge.

L'acier non trempé et le fer ductile donnent, par ce procédé, un charbon noirâtre, non magnétique, ainsi qu'une substance graphiteuse parfaitement semblable à celle que l'on obtient en traitant ces métaux par les acides; mais elle finit par se changer en charbon brun noirâtre; de sorte que l'emploi du chlorure ne présente pas non plus un moyen certain d'obtenir le carbure de fer exempt de toute altération: on retire néanmoins cette substance de diverses espèces de fer, en plus grande quantité et peut-être aussi plus pure, à l'aide de ce réactif, qu'en employant

les acides; mais il est difficile d'arrêter la décomposition au point convenable.

La fonte blanche et l'acier trempé ne laissent que du charbon brun noirâtre; la décomposition est extrêmement lente, parce qu'il se forme une enveloppe de charbon qui préserve l'intérieur du métal: c'est pour cela qu'il est préférable de convertir la majeure partie du charbon combiné en carbone libre, en changeant la nature de cette fonte, et de la rendre grise par une seconde fusion, opérée dans un creuset d'argile hermétiquement fermé, pour la décomposer ensuite par le chlorure d'argent. Le résidu séché après lavage, à la chaleur de l'ébullition, contient presque toujours du fer et de la silice: il faut donc, après avoir pesé, le calciner dans un creuset de graphite, jusqu'à ce qu'il ne change plus de couleur, et qu'il cesse d'être attirable à l'aimant; on le pèse ensuite de nouveau, et l'on enlève l'oxide de fer par l'acide muriatique. On détermine le poids de cet oxide par différence, en constatant celui de la silice, qui demeure sans être attaquée; on doit compter cette silice comme un oxide, parce qu'il est indispensable d'admettre que le silicium, qui pouvait être contenu dans le fer, a été parfaitement oxidé pendant l'opération.

En faisant l'analyse de la fonte grise, on doit se proposer de déterminer la proportion du carbone libre et celle du carbone combiné qu'elle contient; mais, pour cela, il faut faire deux opérations séparées. Par l'une, on détermine toute la quantité de carbone en brûlant le résidu total; par l'autre, qui consiste à traiter une

nouvelle portion du métal par l'acide nitrique, auquel on ajoute un peu d'acide muriatique, on obtient un résidu qui contient le charbon combiné, et que l'on sépare à l'aide de la potasse caustique. En brûlant ce qui est resté, on apprécie la quantité de charbon non combinée, et ensuite, par différence, on en conclut la proportion du charbon qui était combiné.

La fonte blanche la plus lamelleuse, tirée des forges de Müsen, dans la principauté de Siegen, a laissé, après sa décomposition et malgré tous les soins apportés dans le choix des morceaux, encore 0,002 de graphite : il est extrêmement difficile de se procurer de la fonte blanche qui soit entièrement exempte de cette substance, à moins qu'on ne la retire d'un fourneau dont l'allure soit complètement dérangée; mais une telle fonte, ayant déjà subi une première décomposition, a perdu une partie de son carbone, de sorte que la proportion de ses élémens ne peut être regardée comme constante. Du reste, ici, la petite quantité de carbone libre contenue dans le régule ne peut occasionner d'erreur sensible. La décomposition de la fonte blanche lamelleuse dont nous avons parlé, effectuée par le chlorure d'argent, était extrêmement lente, et le charbon se trouvait tellement disséminé parmi les feuilles d'argent, qu'il était difficile de le recueillir; son poids variait entre 0,045 et 0,05. Chaque expérience a été faite avec 12 ou 15 grains de fonte et 80 à 90 grains de chlorure; la décomposition n'était ordinairement achevée qu'au bout de dix ou douze jours.

Pour diminuer les difficultés que l'on éprouve à recueillir le charbon en poussière, et qui se

trouve dans un grand état de ténuité, nous avons changé la fonte blanche lamelleuse en fonte grise : une portion a été refondue dans un creuset d'argile bien fermé, et refroidie lentement; une autre a été liquéfiée dans un creuset de graphite; enfin une troisième a été fondue dans un creuset rempli de noir de fumée. La fonte liquide obtenue dans ces trois creusets a été refroidie très-lentement; cependant les culots différaient par l'aspect de leur cassure. Le régule obtenu dans le creuset d'argile était plutôt gris foncé que noirâtre; sa texture était plus fine et il résistait mieux à la lime que celui fondu dans le creuset de graphite, qui lui-même était plus dur que le culot formé dans le noir de fumée. La quantité de carbone combiné contenue dans ces trois culots a été déterminée par le chlorure d'argent, et la quantité de carbone libre par la dissolution de la fonte dans l'eau régale.

Cent parties de fonte lamelleuse ont donné les résultats suivans :

	Carbone combiné.	Carbone libre.	Total du carbone.
Régule fondu dans le noir de fumée.	0,60	4,62	5,22
<i>Id.</i> dans le creuset de graphite.	0,81	4,29	5,10
<i>Id.</i> dans le creuset d'argile.	1,00	4,05	5,05

La différence assez notable qui se trouve entre

les rapports des quantités de charbon combinées et non combinées avec le fer est probablement une suite de la plus ou moins grande lenteur du refroidissement. Le culot sorti du noir de fumée paraissait contenir le carbone combiné à l'état de polycarbure, tandis que le régule du creuset d'argile semblait renfermer encore une partie de fer dur ou de fonte blanche. On peut admettre, du reste, que les trois régules contiennent la même quantité de carbone, parce qu'on peut négliger, sans erreur sensible, la petite différence qu'elle peut présenter, et ce carbone renfermé dans la fonte blanche s'y trouve combiné avec toute la masse du fer. Ces essais nous conduisent à ce résultat remarquable, que la fonte blanche lamelleuse contient le *maximum* de carbone que le fer puisse absorber à l'état liquide, et qu'elle constitue un composé qui, d'après le système de M. Berzelius, serait formé de deux atomes de fer unis à un atome de carbone, ou 94,7 parties de métal avec 5,3 parties de combustible. La fonte blanche lamelleuse est donc un véritable sous-carbure, qui peut être désigné par la formule Fe^2C . Une molécule de carbone se combine donc avec deux molécules de fer, comme elle se combine avec deux molécules de soufre ou d'hydrogène.

Voyons maintenant quelle est la composition de la fonte grise, regardée depuis long-temps par tous les métallurgistes comme le fer le plus carboné.

On ne peut s'attendre, d'après les résultats que nous venons d'indiquer, à y trouver une plus grande quantité de carbone que dans la fonte blanche. Il paraîtrait assez raisonnable de supposer qu'elle contient le carbone dans un

autre état de combinaison; mais cette supposition même ne se trouve pas confirmée par l'analyse, ainsi que le montrent plusieurs expériences faites sur la fonte grise, obtenue soit dans les fourneaux à charbon végétal, soit dans des fourneaux à coke (1).

Cent parties de fonte grise, soumises à l'analyse, nous ont donné les résultats suivans :

	Carbone combiné.	Carbone libre.	Total du carbone.
Fonte grise tirée des forges de Sayner, près de Coblentz, d'un fourneau à charbon de bois, et provenant d'oxides bruns. . . .	0,89	3,71	4,60
Fonte grise tirée des forges de Widderstein (Siegen), d'un fourneau au charbon de bois, alimenté par un mélange d'oxides bruns et fer spathique.	1,03	3,62	4,65
Fonte grise provenant des forges de Malapane (Haute-Silésie), d'un fourneau à charbon de bois.	0,75	3,15	3,90
Fonte grise des forges dites Kœnigshutte, d'un fourneau au coke, alimenté par des minerais creux et oxides bruns. . .	0,58	2,57	3,15
Fonte grise provenant du même fourneau lorsqu'il y régnait une moindre chaleur.	0,95	2,70	3,65

(1) Il me semble qu'il est pleinement confirmé par l'analyse que la différence qui existe entre les deux espèces de fonte doit être attribuée à la manière dont elles contiennent le carbone, puisque la majeure partie de cette substance

Ces diverses espèces de fer cru étaient toutes d'une couleur très-foncée, très-douces, très-malléables à la température ordinaire, et douées de l'état métallique le plus beau; elles paraissaient contenir le carbone à l'état de polycarbone.

Il résulte des analyses précédentes que la fonte grise, ne présentant pas des proportions constantes pour ses élémens, contient moins de carbone que la fonte blanche, ce qui est directement opposé à l'opinion jusqu'à présent le plus généralement répandue; de plus, la quantité de carbone retenue par le fer paraît diminuer à mesure que la température des hauts-fourneaux s'élève: c'est pour cette raison que la fonte très-grise provenant des fourneaux à coke contient le moins de carbone.

La fonte grise, qu'on obtient quelquefois dans les caisses de cémentation soumises à un trop haut degré de chaleur, donne 2,62 pour 100 de carbone libre et 0,68 pour 100 de carbone combiné; ce qui fait, en somme, à-peu-près la même quantité qu'on trouve dans la fonte grise provenant des fourneaux à coke; mais il paraît que ces proportions ne sont pas constantes, et que cette dose de carbone est d'autant plus grande que les caisses sont pénétrées d'une plus intense chaleur, et que le fer liquide séjourne plus longtemps dans la poussière de charbon.

D'après la nature de la composition des deux espèces de fonte que nous venons d'examiner, on

renfermée dans la fonte grise s'y trouve à l'état de graphite et de mélange, ce qui n'a pas lieu pour la fonte blanche.

(Note du traducteur.)

peut se faire une idée de celle de la fonte *mêlée* qu'on obtient tantôt à dessein, tantôt accidentellement. Ce régule se rapproche de la fonte grise ou de la blanche, selon le degré de chaleur qui en a déterminé la formation. Au reste, il ne peut jamais exister un mélange des deux espèces de fonte, à moins qu'on ne l'ait effectué à dessein en refroidissant la masse subitement. La fonte dite *mêlée* prend tantôt les propriétés de la fonte grise, tantôt celles de la fonte blanche, selon que l'une ou l'autre des deux combinaisons est prédominante.

La fonte blanche obtenue par un juste dosage de charbon et de minerai, et à une chaleur convenable, se distingue essentiellement de celle qui provient d'un fourneau dont l'allure est très-dérangée. Les floss tendres ou cavernaux qu'on tâche d'obtenir en Styrie, dans les usines de Wordernberg, appartiennent à cette espèce de fer cru; ils contiennent 3,25 pour 100 de carbone combiné avec toute la masse du fer; mais ces proportions ne sont pas constantes, elles dépendent entièrement de la marche du fourneau, et diminuent à mesure qu'il se dérange davantage. Il s'ensuit donc que la quantité de carbone contenue dans ce régule va toujours en décroissant depuis les floss lamelleux, les floss durs et les floss cavernaux ou tendres, jusqu'à une espèce de fonte aciéreuse, ou même d'acier ferreux, que souvent on est obligé de faire sortir du fourneau en grosses pièces solides. Ce n'est que par suite d'un refroidissement subit que le carbone des floss cavernaux est combiné avec toute la masse du fer. Ces floss contiennent, au reste, moins de

carbone que les floss durs, et ceux-ci moins que les floss lamelleux.

Dans la fonte grise, la couleur foncée paraît annoncer une plus grande quantité de carbone; mais la couleur seule n'en est pas un indice certain, puisqu'on trouve des fontes grises noires qui ne contiennent qu'une très-petite dose de ce combustible. Le fer est pour l'ordinaire d'autant plus riche en carbone, que sa couleur est moins mélangée d'une nuance bleuâtre; un grain qui devient plus fin, dont la couleur noire diminue, n'indique pas toujours une augmentation de carbone combiné, ni une diminution de carbone libre.

Il est encore plus difficile de juger par la cassure de la quantité de carbone contenue dans la fonte blanche: celle qui provient du refroidissement subit de la fonte grise, dont la richesse en carbone est très-variable, peut ressembler parfaitement à la fonte blanche lamelleuse, qui contient le *maximum* de carbone. Il est possible que, lorsque la fonte grise, refroidie subitement, devient blanche et lamelleuse, elle forme un mélange d'un fer cru, dont la formule est Fe^2C , et d'une autre fonte blanche, dont la composition est indéfinie; mais il est probable qu'on obtient le plus souvent un composé variable, dont la dose de carbone ne suffit pas pour constituer le fer à l'état de Fe^2C .

La fonte grise se forme dans ce cas seulement où le dosage du minerai, relativement au combustible, est très-petit, ou, pour mieux dire, dans le cas où l'on pourrait augmenter la charge de minerai sans qu'il en résultât aucun inconvénient

pour l'allure du fourneau. C'est d'après ce fait d'expérience, et puisque la fonte grise se change difficilement en fer ductile, que tous les chimistes et tous les métallurgistes l'ont toujours regardée comme la plus riche en carbone: leur opinion était tellement enracinée, qu'ils n'ont jamais pu même soupçonner le contraire. L'espece de contradiction qui paraît naître de la petite quantité de carbone contenue dans la fonte grise et des conditions qui président à sa formation, et de la difficulté qu'on éprouve à l'affiner, sera très-facile à concilier, et pourra devenir l'objet d'un nouveau mémoire.

Il faut espérer que ces recherches ne seront pas sans utilité pour les maîtres de forges, et qu'elles conduiront bientôt à des améliorations essentielles, réclamées dans la pratique de la métallurgie du fer.

Résumé.

Les conclusions de l'auteur sont:

- 1°. Que la fonte blanche et l'acier trempé contiennent le carbone combiné avec toute la masse du fer;
- 2°. Que la fonte blanche lamelleuse présente une combinaison parfaite du fer avec le carbone, et qu'elle est toujours plus riche en carbone que la grise;
- 3°. Que le fer et l'acier non trempé contiennent le carbone à l'état de carbure (*polycarbure*);
- 4°. Que la fonte grise froide contient la majeure partie de son carbone à l'état de graphite et de mélange; que ce graphite ne renferme point de fer, et qu'il constitue le carbone dans toute sa pureté;

5°. Que le reste du carbone renfermé dans la fonte grise peut s'y trouver ou combiné avec toute la masse, ou formant un carbure à proportions définies, et qui est dissous ensuite dans le métal, comme il l'est dans le fer ductile et dans l'acier;

6°. Que tous les fers carburés, considérés à l'état liquide, contiennent le carbone dissous dans la masse du métal, sans proportions définies;

7°. Enfin que le graphite se sépare du métal au moment de la congélation, et que les autres carbures de fer, s'il en existe plusieurs, se forment plus tard.

(Note du traducteur, empruntée aux pages 193 et 194 du tom. 1^{er} du *Manuel de la Métallurgie du fer*.)

NOTICE

SUR

LES SALINES DE BEX ;

Par M. L. ÉLIE DE BEAUMONT, Ingénieur au Corps royal des Mines.

BEX est situé à l'extrémité méridionale du canton de Vaud, sur les confins du Vallais, à l'entrée de la gorge par laquelle le Rhône entre dans la formation calcaire qui couvre le versant septentrional de la chaîne des Alpes. La vallée qu'il arrose en sortant de cette gorge, et qui comprend le territoire de Bex, est très-fertile, et son aspect riant contraste agréablement avec celui des rochers nus et des sommets couverts de neige qui la dominent. La formation calcaire à laquelle appartiennent les uns et les autres ayant été décrite avec autant d'exactitude que de précision par M. de Charpentier, dans un mémoire inséré, en 1819, dans les *Annales des mines*, il serait peu utile d'en retracer ici les caractères. Je me bornerai à rappeler que, près de Bex, on trouve dans ce calcaire deux couches, courtes et d'une épaisseur considérable, d'anhydrite saccharoïde, qui, près des surfaces exposées à l'air, est transformée en gypse, et qui, en quelques points, est imprégnée de muriate de soude, et contient même de petites masses de sel gemme quelquefois fibreux. Plusieurs sources salées sortent de ces