

tenant dans les terrains calcaires, cette partie du travail a grand besoin d'être révisée. On doit également considérer ce qui est relatif aux Alpes, aux Pyrénées et aux Cévennes, comme un aperçu de la manière dont je conçois la constitution géologique de ces montagnes, plutôt qu'une représentation exacte des lieux où les divers terrains se manifestent; car indépendamment de ce que les observations manquent à ce sujet, on sait que les pays de montagne se prêtent rarement à ces démarcations: J'ajouterai enfin que le nord de l'Allemagne n'a été indiqué sur la carte que d'après les observations publiées par les auteurs allemands, et en vue seulement de mieux présenter l'ensemble et la liaison des diverses masses de terrains.

Sur la nature des scories des forges catalanes et des foyers d'affineries;

PAR M. P. BERTHIER, Ingénieur au Corps royal des Mines.

J'AI fait voir, il y a déjà long-temps (1), que les scories de forges sont essentiellement composées de silice et de protoxide de fer, et j'ai conclu des analyses que j'ai rapportées, qu'en général la richesse de ces scories est telle que, si on les fondait au haut-fourneau, on en retirerait autant de fer que des meilleurs minerais. Je ne pense pas que l'exactitude de cette conséquence puisse être contestée; cependant comme il convient de l'appuyer sur le plus grand nombre de faits possible, afin d'éveiller l'attention des maîtres de forges, en leur enlevant tout prétexte de doute, je crois à propos de revenir sur ce sujet, et de rendre publiques diverses analyses de scories qui ont été faites au laboratoire de l'École des Mines dans ces derniers temps.

Je distinguerai quatre espèces de scories :

- 1°. Scories provenant du travail des anciens;
- 2°. Scories provenant des forges catalanes actuelles;
- 3°. Scories provenant des grosses forges d'affinerie;

(1) Analyse de quelques produits de forges, etc., *Journal des Mines*, tome XXIII, page 177.

Analyse des minerais de fer de la vallée des Arques, et des scories des forges qu'ils alimentent, *Journal des Mines*, tome XXVII, page 193.

4°. Scories provenant des petites forges d'affinerie.

Toutes ces scories ont à-peu-près le même aspect ; elles sont pesantes , plus ou moins boursoufflées , dures , d'un noir foncé un peu métalloïde : leur cassure est presque toujours cristalline , et il se trouve même quelquefois des cristaux réguliers dans les cavités : elles font tourner vivement le barreau aimanté ; mais elles ne sont pas assez magnétiques pour que leur poussière puisse s'attacher à ce barreau ; elles contiennent souvent des particules de fer métallique en mélange ; on en sépare aisément ces particules de fer en pulvérisant et en passant au tamis de soie ; le fer s'aplatit sous le pilon et reste sur le tamis ; s'il en passe quelques petits grains avec la poussière , on les enlève à l'aide d'un barreau aimanté.

Les scories de forges font gelée avec les acides forts ; elles donnent du gaz nitreux avec l'acide nitrique , et lorsqu'elles sont bien pures , l'acide sulfurique et l'acide muriatique les attaquent sans dégagement de gaz hydrogène.

Il y a des scories qui fondent bien au creuset brasqué sans addition ; mais en général il faut y ajouter du carbonate de chaux pour les faire fondre : les plus pauvres en exigent 0,15 à 0,20 , les plus riches 0,10 à 0,15 au plus.

Les procédés d'essai et d'analyse ayant été déjà décrits plusieurs fois , je ne m'y arrêterai pas , et je vais exposer immédiatement les résultats que j'ai à faire connaître.

Scories des anciens.

Avant l'invention des hauts-fourneaux , on traitait les minerais de fer par une méthode analogue à la méthode catalane , dans de très-

petits foyers de forges , qui recevaient le vent de soufflets mus à bras d'homme . On établissait ces foyers dans des lieux où il se trouvait à-la-fois du bois et du minerai , et dès que l'un ou l'autre était épuisé on transportait l'usine ailleurs . On ne pouvait traiter ainsi que des minerais en roche et les minerais d'alluvion les plus riches . Il est résulté de ce travail des scories dont on trouve des monceaux énormes dans une multitude d'endroits , et particulièrement sur les plateaux où l'on exploite encore aujourd'hui des minières . Ces scories sont en général peu boursoufflées : elles paraissent avoir été très-fluides , et elles ne renferment presque jamais de fer métallique . Le tableau suivant fera voir la composition de six échantillons recueillis dans diverses parties du royaume .

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Silice	0,295	....	0,224	....	0,300	0,192
Chaux	0,005	....	....	....	0,024	0,006
Alumine	0,080	....	....	....	0,018	0,044
Protoxide de man- ganèse	0,050	....	....	....	0,014	0,000
Protoxide de fer . .	0,590	....	....	....	0,656	0,744
	1,000	....	....	....	0,992	0,986
Fonte à l'essai . . .	0,450	0,368	0,478	0,500	0,475	0,574
Oxigène et charb. . .	....	0,122	0,138	0,157	0,148	0,184
Autres matières . . .	....	0,510	0,384	0,365	0,577	0,242

(1) De Saint-Amand (Nièvre). Il y en a des

tas considérables tout auprès de cette petite ville, qui se trouve au milieu d'un terrain couvert de grès ferrugineux.

(2) De Colmery, près Donzy (Nièvre). Colmery est un village situé sur un plateau où l'on exploite des minerais de fer en grains très-riches. Cette scorie a bien fondu avec 0,20 de carbonate de chaux.

(3) Du Fayard, près Allevard (Isère). On les appelle, dans le pays, scories des Sarrasins : elles proviennent certainement du traitement du fer spatique. Elles fondent bien avec 0,15 de carbonate de chaux.

(4) Des environs de Poulouen (Finistère). Elle a bien fondu avec 0,20 de carbonate de chaux ; elle devait contenir un peu de fer métallique.

(5) De Saint-Martial (Dordogne). Elle a bien fondu avec 0,15 de carbonate de chaux.

(6) Des environs de Rouen, à moitié chemin de Dieppe. Elle a bien fondu avec 0,15 de carbonate de chaux.

Scories des
forges cata-
lanes.

Les scories des forges catalanes actuelles sont en général moins riches que les scories des forges des anciens. On en jugera par le tableau suivant, qui présente la composition de deux scories des usines de l'Ariège, et de quatre scories des usines de l'Isère.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Silice.	0,290	0,270	0,416	0,238	0,533	0,496
Chaux.	0,088	0,154	0,010	0,000	0,000	0,018
Magnésie.	0,015	0,018	0,034	0,016	0,024	0,020
Alumine.	0,052	0,010	0,020	0,074	0,050	0,000
Protoxide de man- ganèse.	0,176	0,192	0,078	0,052	0,053	0,040
Protoxide de fer.	0,377	0,562	0,442	0,300	0,567	0,430
Fer métallique.	0,000	0,000	0,000	0,310	0,000	0,000
	0,976	0,986	1,000	1,000	0,977	1,004
Fonte à l'essai.	0,500	0,521	0,560	0,545	0,440	0,340
Oxigène et charb.	0,100	0,105	0,104	0,108	0,155	0,000
Autres matières.	0,600	0,576	0,536	0,347	0,425	0,000

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Silice.	0,290	0,270	0,416	0,238	0,533	0,496
Chaux.	0,088	0,154	0,010	0,000	0,000	0,018
Magnésie.	0,015	0,018	0,034	0,016	0,024	0,020
Alumine.	0,052	0,010	0,020	0,074	0,050	0,000
Protoxide de man- ganèse.	0,176	0,192	0,078	0,052	0,053	0,040
Protoxide de fer.	0,377	0,562	0,442	0,300	0,567	0,430
Fer métallique.	0,000	0,000	0,000	0,310	0,000	0,000
	0,976	0,986	1,000	1,000	0,977	1,004
Fonte à l'essai.	0,500	0,521	0,560	0,545	0,440	0,340
Oxigène et charb.	0,100	0,105	0,104	0,108	0,155	0,000
Autres matières.	0,600	0,576	0,536	0,347	0,425	0,000

(1) Scories des forges de Vicdessos (Ariège) produites au commencement d'une opération. Elles ont bien fondu sans addition. La fonte devait contenir un peu de manganèse.

(2) *Idem*, produites à la fin de la même opération. Elles ont bien fondu sans addition. La fonte devait contenir un peu de manganèse.

On traite dans les forges de Vicdessos les minerais de Rancié, qui sont des hématites manganésifères, dont la gangue est calcaire et argileuse.

(3) Scories de la forge de Pinsot (Isère), produites dans les premiers essais faits à cette forge. Elles ont bien fondu avec 0,40 de carbonate de chaux.

(4) (5) et (6) *Idem*, produites dans une opération récente.

(4) Le travail allant bien ; elles ont fondu avec 0,15 de carbonate de chaux.

(5) Le travail allant médiocrement, dites *scories bleues*, parce qu'elles sont d'un noir bleuâtre. Elles ont fondu avec 0,20 de carbonate de chaux.

(6) Le travail allant mal, dites *scories blanches*, parce qu'elles deviennent blanches après un certain temps d'exposition à l'air.

On traite à Pinsot des minerais de fer spatique choisis, et des minerais de fer décomposés connus sous le nom de *mines douces*. On ne retire de ce mélange que 0,20 à 0,22 de fer, et encore souvent n'est-ce pas sans éprouver de grandes difficultés dans le travail que l'on obtient ce produit. M. Chaper, à qui l'usine appartient depuis deux ans, a fait toutes les tentatives imaginables pour perfectionner le procédé et pour en rendre le succès moins éventuel; mais il est à craindre qu'il ne retire aucun fruit de ses efforts. Il se propose de faire connaître, par la voie de l'impression, le résultat des nombreux essais qu'il a exécutés. Les observations d'un maître de forge aussi actif et aussi éclairé ne pourront qu'être très-intéressantes et très-utiles à l'avancement de l'art (1).

En comparant les scories des forges de l'Ariège aux scories de la forge de Pinsot, on est conduit à attribuer le mauvais succès de cette dernière usine à ce que les minerais qu'on y traite, n'ayant que du quartz pour gangue, ne sont pas d'ailleurs assez riches. En effet, les scories ne pouvant dans ce cas avoir la fluidité nécessaire

(1) M. Chaper est un ancien élève de l'École polytechnique, et il a suivi les cours de l'École des mines en qualité d'élève externe.

pour que le travail aille bien, qu'autant qu'elles contiennent une proportion considérable d'oxide de fer, il en résulte que la portion de cet oxide qu'elles enlèvent aux minerais est très-grande, et qu'elle l'est d'autant plus que celui-ci renferme plus de quartz. D'après cela on voit que le produit en fer métallique doit diminuer en même temps dans une progression très-rapide, puisque deux causes concourent à l'atténuer; savoir, d'appauvrissement du minerai et l'absorption de l'oxide de fer par le quartz. Si, par des manipulations convenables, on cherche à réduire la richesse des scories, on n'y trouve aucun avantage, car alors celles-ci sont pâteuses: elles ne sortent que très-difficilement du creuset, et elles entraînent avec elles une grande quantité de particules de fer métallique; le travail devient très-pénible et la consommation de charbon augmente beaucoup.

Dans les minerais de l'Ariège, les substances mêlées à l'oxide de fer se composent principalement de silice, de chaux et d'oxide de manganèse: or, l'oxide de manganèse agissant comme fondant au moins aussi énergiquement que l'oxide de fer, ces substances doivent former entre elles un silicate double déjà fusible par lui-même; elles n'ont par conséquent pas besoin d'absorber une aussi grande proportion d'oxide de fer que le quartz pur pour acquérir une parfaite liquidité.

On appelle grosses forges celles dans lesquelles on convertit la fonte en fer par une seule opération. Le procédé qu'on suit dans les grosses forges se modifie de diverses manières, et donne naissance à plusieurs méthodes; mais on en distingue deux principales, la méthode de Franche-

Scories de
grosses for-
ges.

Comté et la méthode du Berry. Par la méthode de Franche-Comté, on fait le masseau et on le chauffe pour l'étirer en barres dans le même foyer : pour obtenir 1000 kilogr. de fer, on consomme 1450 à 1500 kilogr. de fonte et 12 à 13 mètres cubes de charbon. Par la méthode du Berry, on fait les *masseaux* ou *encrenés* dans un foyer d'affinerie, et on les chauffe dans un autre foyer pour les marteler. Pour obtenir 1000 kilogr. de fer, on consomme 1470 kilogr. de fonte, et 13 à 14 mètres cubes de charbon ; savoir, les $\frac{17}{24}$ pour l'affinage, et les $\frac{7}{24}$ pour l'étirage. Les encrésés éprouvent un déchet d'un neuvième de leur poids dans l'étirage. La première méthode est plus économique que la seconde, aussi est-elle presque généralement adoptée ; mais on prétend que la méthode du Berry donne du fer beaucoup plus doux.

Le tableau ci-dessous fait voir la composition ou la richesse des différentes scories qui se produisent dans chacune de ces méthodes. Je désigne, selon l'usage, par le nom de *laitiers clairs* les scories qui coulent par le *trou de chio*, et par *sornes* les scories très-poreuses et très-mélangées de fer métallique qui s'attachent au fond du creuset, et qu'on enlève avec les ringards à la fin de chaque opération.

	MÉTHODE DE FRANCHE-COMTÉ.						MÉTHODE DU BERRY.		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Silice.	0,164	0,088	.....	0,162	0,185	.....	.....	.....	.....
Chaux.	0,030	0,022	.....	0,032	0,020	.....	.....	.....	.....
Magnésie. . . . .	.....	0,010	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Alumine.	0,012	0,020	.....	0,014	0,013	.....	.....	.....	.....
Prot. de mang..	0,006	0,025	.....	0,014	0,020	.....	.....	.....	.....
Prot. de fer. . .	0,790	0,840	.....	0,778	0,752	.....	.....	.....	.....
Fer métallique.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	1,002	1,005	.....	1,000	0,990	.....	.....	.....	.....
Fonte à l'essai..	0,610	0,644	0,600	0,610	0,570	0,500	0,535	0,500	0,600
Oxig. et charb. .	.....	0,189	0,180	0,160	0,172	0,224	0,176	0,216	0,146
Autres matières.	.....	0,107	0,220	0,222	0,258	0,276	0,289	0,284	0,254

(1) Laitier clair de la forge de Frettevale (Loir-et-Cher).

(2) Laitier clair des forges de Guérisny (Nièvre).

(3) Laitier clair des forges de Perrecy (Saône-et-Loire).

(4) Laitier clair des forges de Framont (Vosges). On croit y avoir trouvé un peu d'acide phosphorique.

(5) Laitier clair de la forge de Messarges (Allier).

(6) Sorne de la même forge. On en a séparé 0,36 de fer métallique avant d'en faire l'essai : elle était mêlée de beaucoup de charbon qui se trouve compris dans l'oxigène.

(7) Laitier clair d'affinerie de la forge de Bigny (Cher).

(8) Laitier clair de chaufferie de la même forge.

(9) Sorne de la même forge.

Ces scories ont toutes bien fondu avec 0,10 de carbonate de chaux. On voit que leur richesse moyenne est d'environ 0,55. Elles ne contiennent que du protoxide de fer et du fer métallique : comme on n'a déterminé la proportion de l'oxygène que d'après la perte de poids dans l'essai, cette proportion se trouve quelquefois un peu exagérée, parce qu'elle comprend presque toujours en même temps un peu de charbon, qui se trouve mêlé dans la scorie.

Scories de
petites for-
ges.

La méthode d'affinage que l'on pratique dans les petites forges comprend deux opérations distinctes, le mazéage, et l'affinage proprement dit : le mazéage, consiste à faire fondre la gueuse dans un foyer de forge, et à la couler ensuite en plaques minces que l'on brise en morceaux ; l'affinage proprement dit s'exécute sur la fonte mazée par la méthode de Franche-Comté, mais dans des foyers très-petits. Pour obtenir 1000 kilogr. de fer, on consomme 1325 kilogr. de fonte et 16, $\frac{1}{2}$ mètres cubes de charbon ; savoir, le tiers au plus pour le mazéage et le reste pour l'affinage.

On voit, d'après ce qui précède, que, dans les petites forges, on consomme moins de fonte et plus de charbon que dans les grosses forges. En outre, si d'un côté l'on obtient, dans les petites forges, du fer de petit échantillon, qui a plus de valeur que les barres de fortes dimensions qui sortent des grosses forges, d'un autre côté le fer des petites forges est toujours dur et un peu acié-reux, et n'a jamais l'homogénéité et la parfaite malléabilité du fer des grosses forges : dans une grosse forge, la fabrication est beaucoup plus considérable que dans une petite forge, à nom-

bre égal de feux ; mais une petite forge peut rouler avec un cours d'eau qui ne suffirait pour faire mouvoir les artifices nécessaires à une grosse forge que pendant une très-petite partie de l'année. On ne saurait donc dire lequel est le plus avantageux de travailler en grosse forge ou en petite forge : le choix à faire entre ces deux méthodes dépend des circonstances et des localités.

J'ai essayé différentes scories de petites forges qui m'ont donné les résultats suivans :

	MAZÉAGE.			LAITIERS CLAIRS.				SOMME.
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)
Fonte à l'essai..	0,400	0,497	0,570	0,460	0,510	0,470	0,470	0,700
Oxig. et charb..	0,160	0,162	.....	.....	0,216	0,171	0,150	.....
Autres matières	0,431	0,341	.....	.....	0,274	0,356	0,380	.....

(1) Scories de mazéage de la forge de Gué-d'Heuillon (Nièvre). Elles ont fondu avec 0,15 de carbonate de chaux.

(2) Scories de mazéage de la forge de Vendennes (Nièvre). Elles ont fondu avec 0,20 de carbonate de chaux.

(5) Scories de mazéage de la forge de Sauvigny (Nièvre). On en a fait une analyse complète, qui a donné :

Silice..	0,198
Chaux..	0,018
Alumine..	0,012
Protoxide de manganèse..	0,056
Protoxide de fer..	0,740

1,004

Bb 2

(4) Laitier clair de la forge de Gué-d'Heuillon (Nièvre). On l'a fondu avec 0,15 de carbonate de chaux.

(5) Laitier clair de la forge de Vendenesse (Nièvre). On l'a fondu avec 0,20 de carbonate de chaux.

(6) Laitier clair de la petite forge de Bigny (Cher). On l'a fondu avec 0,15 de carbonate de chaux.

(7) Laitier clair de la forge de Lépeaux (Nièvre). On l'a fondu avec 0,15 de carbonate de chaux.

(8) Sorne de la forge de Gué-d'Heuillon (Nièvre). Elle était remplie de particules très-fines de fer métallique.

Les maîtres de forges savent depuis long-temps que les scories d'affineries sont presque toujours mêlées d'une certaine quantité de fer métallique; aussi sont-ils dans l'usage de repasser les *sornes* au feu pendant l'opération de la fusion de la gueuse; les plus industrieux ont même le soin de les hoccarder et de les laver toutes pour en séparer le fer. Ils savent aussi qu'elles sont très-fondantes, ce qu'ils appellent *chaudes*, c'est-à-dire propres à faire fondre les matières terreneuses: c'est à cause de cela qu'ils en jettent quelques pelletées dans le creuset lorsqu'il est engorgé par des durillons de laitier; mais jusqu'ici la plupart d'entre eux paraissent avoir eu peine à se persuader qu'elles pussent contenir du fer à l'état d'oxide comme les minerais, et sur-tout que cet oxide pût s'y trouver en proportion considérable; j'espère qu'il ne leur restera plus aucun doute à cet égard, et qu'ils ne

craindront plus désormais de faire des essais pour chercher à tirer parti de ces riches matières, en les fondant dans des hauts-fourneaux de la même manière que des minerais ordinaires. Ces essais, ayant pour unique objet de faire connaître quelles sont parmi les substances dont on peut disposer dans chaque localité, celles qu'il convient d'employer comme fondans, sont d'ailleurs extrêmement simples, et ne peuvent ni entraîner dans des dépenses considérables, ni occasionner des accidens fâcheux. On en a déjà entrepris quelques-uns en divers lieux, et ils ont toujours eu un plein succès (1). J'indiquerai tout-à-l'heure quelques principes qui pourront guider dans leur exécution; mais auparavant je vais donner une idée des avantages que l'emploi des scories pourrait procurer aux maîtres de forges.

La fonte éprouve dans l'affinage un déchet qui varie du cinquième au tiers de son poids; ce déchet comprend les petits fragmens de laitier et les matières terreuses et charbonneuses dont elle est mêlée; mais on peut admettre sans crainte d'exagération que, terme moyen, elle cède aux scories une quantité de fer qui équivaut au cinquième de son poids. Si donc on parvenait à retirer cette quantité de fer des scories en les fondant au haut-fourneau, il en résulterait que dans une usine où l'on adopterait cette mé-

(1) J'ai vu fondre des scories de forge au haut-fourneau, il y a déjà long-temps, dans quelques usines de la Savoie. J'ai aussi déterminé plusieurs maîtres de forge de la Nièvre et de Saône-et-Loire à en mêler avec leurs minerais, et ils s'en sont très-bien trouvés.

Avantage qu'il y aurait à fondre les scories.

thode sans chercher à augmenter la fabrication, ces scories remplaceraient le cinquième du minerai que l'on y consomme habituellement : or la consommation de minerai s'élevant en général à environ six pipes par millier métrique de fer, et la valeur de la pipe étant, terme moyen, de 10 fr., on voit que l'emploi des scories donnerait aux maîtres de forges un surcroît de bénéfice de 12 fr. par millier métrique de fer. Ainsi dans un établissement composé d'un haut-fourneau et d'un nombre de feux de forges suffisant pour affiner toute la fonte que produirait ce fourneau, et dans lequel on pourrait fabriquer annuellement 500 milliers métriques de fer, ce surcroît de bénéfice serait, aussi annuellement, d'environ 6000 fr.

La plupart de nos usines, étant déjà anciennes, sont encombrées de tas de scories qui s'y sont accumulées. Si les maîtres de forges fondaient ces scories, ils pourraient, en les ménageant et en les mêlant avec des minerais, par exemple, à parties égales, s'assurer pour long-temps une augmentation de bénéfice d'au moins 30 fr. par millier métrique de fer.

Il y a des contrées couvertes de bois où l'on a établi un grand nombre de forges pour consommer ce combustible, et où, à défaut de minerais, il n'existe pas de hauts-fourneaux. On est obligé d'y apporter la fonte de lieux souvent très-éloignés. Un haut-fourneau dans lequel on fondrait des scories de forges, placé au milieu d'une telle contrée, donnerait de très-grands bénéfices; car le propriétaire de ce fourneau, outre qu'il

aurait, sur les propriétaires des autres fourneaux, l'avantage de ne dépenser presque rien en frais de transport pour livrer sa fonte aux maîtres de forges, ferait encore une économie de près de 40 fr. par millier métrique de fonte, à raison de ce qu'il n'aurait point à acheter de minerai. Un haut-fourneau situé à proximité de forges qui fabriqueraient ensemble 2500 milliers métriques de fer, pourrait rouler toute l'année en n'employant que les scories qui proviendraient de ces forges : et ces scories équivaldraient à une quantité de minerai dont la valeur serait de près de 25,000 fr.

Les scories des anciens pourraient aussi être traitées au haut-fourneau avec beaucoup de profit, puisque leur produit moyen serait d'à-peu-près 0,45 de fonte : leur abondance est telle dans les lieux où elles se trouvent, qu'elles dispenseraient pendant long-temps d'employer du minerai ; mais elles ne donneraient pas d'aussi grands bénéfices que les scories d'affineries, d'une part parce qu'elles sont moins riches, et ensuite parce qu'étant toujours situées à une certaine distance des cours d'eau, il y aurait une dépense notable à faire pour les transporter aux usines. On peut évaluer qu'elles coûteraient aux maîtres de forges à-peu-près moitié de ce que leur coûte le minerai.

On consomme annuellement en France une masse de minerai dont la valeur est de 5 à 6 millions. Si l'on employait dans les hauts-fourneaux, par-tout où cela serait possible, les scories d'affineries de toutes sortes et les scories des anciens, cette consommation diminuerait d'un cinquième

au moins : on voit d'après cela combien il serait à désirer que tous nos maîtres de forges se décidassent à adopter cet usage.

Quant aux scories des forges catalanes, quoiqu'elles contiennent autant de fer que nos minerais d'alluvion ordinaires, comme il existe toujours près des lieux où on les obtient des mines qui fournissent en abondance des minerais extrêmement riches, je ne crois pas que l'on trouve jamais un grand avantage à les refondre.

J'ai supposé dans les calculs précédens que la fusion des scories coûterait autant que la fusion des minerais. En général il n'en serait pourtant pas ainsi ; car les scories étant beaucoup plus riches que les minerais, puisqu'elles pourraient rendre, l'une dans l'autre, 0,55 de fonte, tandis que le produit moyen des minerais n'est en France que de 0,30 à 0,33, on consumerait certainement moins de charbon pour obtenir une quantité déterminée de fonte en employant des scories, qu'en employant des minerais ; mais je n'ai pas eu égard à cette économie de combustible, afin d'éviter de rien exagérer : il m'aurait d'ailleurs été presque impossible de l'évaluer, même approximativement. En effet, s'il est vrai que plus un minerai est riche et moins il faut de charbon pour en obtenir une quantité de fonte déterminée ; d'un autre côté, l'expérience a démontré qu'à poids égaux les minerais riches consomment plus de combustible que les minerais pauvres, et que pour des minerais de même richesse, la consommation varie à raison de la nature de ces mi-

nerais. En sorte que quoiqu'il soit, en général, plus avantageux de fondre un minerai riche qu'un minerai qui l'est beaucoup moins, l'avantage n'est presque jamais proportionnel à la richesse.

Les scories de forge ne sont pas en général de nature à pouvoir être traitées au haut-fourneau sans addition, elles donneraient des laitiers qui ne seraient pas assez fusibles, il faut nécessairement y ajouter des fondans (1). Comme elles n'ont pas toutes la même composition, chacune d'elles exige des fondans, dont on ne peut déterminer l'espèce et la proportion que lorsque cette composition est connue. Il serait donc à désirer que l'on eût les moyens de faire cette recherche dans toutes les usines : malheureusement non-seulement ces moyens manquent généralement ; mais la plupart des maîtres de forges ne sont pas même pourvus du petit nombre d'objets qui sont nécessaires pour essayer un minerai de fer par la voie sèche. Ils prétendent que toutes les expériences faites en petit sont inutiles, si ce n'est même dangereuses. Je ne combattrai pas ce préjugé autrement qu'en faisant remarquer que si l'art de traiter le fer est celui de tous qui a le moins emprunté de secours aux sciences, c'est sans contredit aussi celui qui, depuis long-temps, a fait le moins de progrès.

Quoiqu'il soit impossible d'indiquer d'une

(1) Il y a cependant des scories de forges catalanes et quelques scories provenant de l'affinage de fontes très-manganésées qui fondraient probablement bien sans addition.

manière certaine l'espèce de fondant qu'il faut employer pour traiter une scorie de forge dont la composition n'est pas connue ; cependant le grand nombre d'analyses qui ont été faites , tant de ces scories que des laitiers des hauts-fourneaux, permet d'établir quelques préceptes généraux à cet égard. Je vais exposer ces préceptes et faire connaître la nature des diverses matières dont on peut se servir pour fondans.

Les laitiers des hauts - fourneaux sont tous composés de silice , de chaux , d'alumine , de magnésie et d'oxide de manganèse. Les laitiers qui ont un degré de fusibilité convenable contiennent de 0,50 à 0,60 de silice , de 0,20 à 0,30 de chaux , et de 0,15 à 0,25 d'alumine, de magnésie et d'oxide de manganèse : la proportion relative de ces trois dernières substances est indifférente , parce qu'elles se suppléent mutuellement , seulement on remarque que l'oxide de manganèse est beaucoup plus fondant que l'alumine et que la magnésie , et que les laitiers qui renferment une proportion considérable de cet oxide peuvent contenir moins de 0,20 de chaux sans cesser d'être très-fusibles ; mais ce cas est rare et ne se présente guère que dans les usines où l'on traite des minerais de fer spatique. Maintenant si l'on jette un coup-d'œil sur les analyses rapportées dans les tableaux ci-dessus , on verra qu'en général il n'y a presque pas de chaux dans les scories , et que l'alumine , la magnésie et l'oxide de manganèse s'y trouvent en proportion trop faible par rapport à la silice pour qu'il puisse en résulter des laitiers bien fluides. D'après cela , il est évident que

les matières qu'il faudrait mêler avec les scories comme fondans devraient contenir beaucoup de chaux et une quantité moindre d'alumine , de magnésie et d'oxide de manganèse ou de l'une quelconque de ces trois substances ; et que la proportion de la chaux devrait varier entre 0,05 à 0,06 , équivalent à 0,10 de carbonate de chaux pour les plus riches (celles qui rendent 0,60 de fonte à l'essai), et 0,14, équivalent à 0,25 de carbonate de chaux , pour les plus pauvres (celles qui ne rendent que 0,40 de fonte à l'essai); quant à la proportion de l'alumine , etc. , elle devrait être beaucoup moindre : deux ou trois centièmes suffiraient presque toujours , et jamais il n'en faudrait plus de six ou sept centièmes.

La chaux est facile à se procurer , elle se trouve dans les pierres calcaires ; ces pierres sont bien connues des maîtres de forges , sous le nom de *castine*. Je ne m'arrêterai pas à décrire les différentes variétés de castine , je dirai seulement que les plus pures contiennent 0,56 de chaux.

Fondans
calcaires.

On n'a pas encore rencontré l'alumine pure en grandes masses ; mais cette terre existe dans trois matières minérales , que leur abondance permet d'employer comme fondans ; savoir , les argiles , les pierres calcaires argileuses et les minerais de fer d'alluvion. Les argiles sont essentiellement composées de silice et d'alumine , ces deux substances s'y trouvent en proportions très-variables ; mais l'alumine y entre rarement pour plus de 0,33. D'après cela , on voit qu'en supposant qu'on eût à sa disposition une argile

Fondans
alumineux.

très-alumineuse, il faudrait en employer au moins trois parties pour une partie d'alumine que l'on voudrait ajouter au mélange, et comme par-là on introduirait, en même temps, environ une partie et demie de silice dans ce mélange (1), il faudrait augmenter la proportion d'argile en conséquence, et la porter à six parties; mais ces six parties d'argile ne pourraient se fondre qu'en les mêlant avec à-peu-près deux parties de castine, on ajouterait donc en tout huit parties de matières pour une d'alumine à introduire dans les scories: une addition aussi considérable occasionnerait nécessairement une augmentation notable dans la consommation du combustible. Il résulte de là que l'emploi des argiles, même les plus alumineuses, comme fondans, est désavantageux. Les pierres calcaires sont souvent intimement mélangées d'une proportion très-considérable d'argile; elles équivalent alors à des mélanges artificiels d'argile et de castine; elles ne présentent pas plus d'avantage, et elles auraient les mêmes inconvéniens. Les minerais de fer dits d'*alluvion* sont des mélanges d'oxide ou d'hydrate de fer et d'argile: il y en a dans lesquels cette argile contient une proportion très-considérable d'alumine: ce sont en général ceux que l'on désigne sous le nom de *mines froides*. Certaines variétés de fer carbonaté des houillères sont dans le même cas. On ne peut fondre avantageusement les mines froides qu'en les mêlant avec des minerais très-siliceux. Les scories de forges étant précisément

(1) Les argiles contiennent en outre 0,12 à 0,15 d'eau.

dans ce cas, ces deux matières pourraient se servir réciproquement de fondans, en ajoutant toutefois à leur mélange une proportion convenable de castine ordinaire. Ainsi les minerais de fer d'alluvion et les minerais de fer des houillères les moins fusibles, sont de toutes les substances alumineuses les meilleures que l'on puisse employer comme fondans pour traiter les scories des forges.

Il y a deux sortes de substances magnésiennes qui pourraient remplacer les substances alumineuses pour déterminer la fusion des scories de forges; ce sont les pierres calcaires magnésiennes et quelques variétés de minerais de fer spatique. Les calcaires magnésiens sont communs en France, il en existe presque toujours dans les lieux où l'on exploite des minerais de fer d'alluvion, et par conséquent à la proximité des usines. Dans chaque banc de cette pierre la proportion de magnésie est invariable; mais on trouve ordinairement dans une même contrée des bancs de pierres qui en renferment des proportions différentes: en sorte que l'on est presque toujours assuré qu'en faisant des recherches autour d'une usine où l'on fond des minerais d'alluvion, on rencontrera une variété de calcaire magnésien appropriée à la nature des scories que l'on a à traiter.

Les calcaires magnésiens sont les meilleurs fondans qui puissent exister pour les scories de forges; car ils renferment tous les élémens propres à déterminer leur fusion (la chaux et la magnésie), et ils n'ont pas, comme les matières alumineuses, l'inconvénient de contenir une

Fondans
magnésiens.

quantité considérable de silice, dont on ne peut neutraliser la présence qu'en augmentant beaucoup la proportion des fondans (1).

Parmi les minerais de fer spatique que l'on exploite dans les terrains d'ancienne formation, il y en a une variété qui est composée de carbonate de fer et de carbonate de magnésie, et qui contient jusqu'à 0,15 de magnésie. Cette variété porte le nom de *maillat* dans le département de l'Isère; on la reconnaît à sa structure à grandes lames. On pourrait l'employer avec avantage pour porter de la magnésie dans les scories; mais il faudrait la trier avec grand soin, parce qu'elle est souvent mêlée de beaucoup de quartz. Au reste, il n'est pas probable que les maillats puissent servir souvent à cet usage; car dans les lieux où on en exploite, on n'affine que des fontes qui proviennent de la fusion des minerais de fer spatique: or, les scories qui résultent de cet affinage contenant toujours beaucoup d'oxide de manganèse, il serait inutile d'y ajouter de la magnésie: elles fondraient très-bien avec de la castine ordinaire.

Les minerais de manganèse ont en général une trop grande valeur pour qu'on puisse les employer comme fondans; mais il y a des mi-

Fondans
manganésifères.

(1) Les calcaires magnésiens sont des mélanges intimes de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie; ils contiennent jusqu'à 0,15 de magnésie; ils renferment aussi quelquefois de l'oxide de manganèse et de l'oxide de fer qui s'y trouvent à l'état de carbonate comme les terres: l'oxide de manganèse ne pourrait que faciliter la fusion, l'oxide de fer augmenterait le produit en métal. Souvent aussi ces calcaires sont mêlés de quelques centièmes d'argile.

nerais de fer très-manganésifères dont on pourrait se servir avec grand avantage pour cet usage: tels sont un grand nombre de variétés de fer spatique, les hématites brunes et les minerais d'alluvion noirâtres.

Il suit de tout ce qui vient d'être dit: 1°. qu'il serait très-avantageux de fondre les scories de forges en les mêlant avec certains minerais, tels que les minerais spatiques exempts de gangue quarzeuse, les hématites brunes, les minerais d'alluvion manganésifères et les minerais d'alluvion dits *mines froides*; 2°. et que pour les traiter seules, les meilleurs fondans que l'on puisse employer seraient les calcaires magnésiens.

Lorsque l'on voudra fondre des scories avec des minerais, si leur composition est connue, ainsi que celle des fondans dont on pourra disposer, on parviendra promptement, par un très-petit nombre d'expériences faites en grand, à déterminer dans quelle proportion chacune de ces matières devra être employée pour que leur mélange ait la fusibilité convenable; mais quand l'analyse n'en aura pas été faite, on ne pourra atteindre le même but qu'en multipliant beaucoup les essais. Quoiqu'il en soit, en procédant avec prudence, il sera toujours très-facile de faire ces essais dans le cours même d'un fondage sans s'exposer à engorger le fourneau, ni même à le déranger d'une manière qui puisse devenir préjudiciable. Pour cela il faudra employer les scories en doses graduellement croissantes, et d'abord très-petites, en remplacement d'égales quantités de minerai, et

Essais en
grand.

cesser de s'en servir dès qu'on apercevra quelques symptômes de dérangement; on fera marcher alors le fourneau pendant quelque temps en ne le chargeant que de minerais, et dès qu'il sera parfaitement rétabli, on recommencera les essais de la même manière, en variant les proportions relatives de scories, de fondans et des diverses espèces de minerais.

Mais lorsque l'on aura l'intention de fondre des scories sans mélange de minerais ou même de les employer en très-grandes proportions, il ne faudra pas risquer d'en faire l'essai dans le cours d'un fondage, quand bien même la composition des scories et des fondans aurait été déterminée par l'analyse chimique, parce qu'il pourrait en résulter des accidens qui forcassent à éteindre le fourneau: dans ce cas, il vaudra beaucoup mieux ne commencer l'essai que quelques jours avant l'époque à laquelle on aura l'intention de *mettre hors*. Alors on ne sera pas gêné par la crainte d'engorger le fourneau, puisque, si cet événement arrivait, il ne causerait aucun dommage; et l'on pourra, sans inconvénient, tenter hardiment toutes les expériences dont on aura conçu l'idée.

† réparation
des scories.

Quelques métallurgistes prétendent que si l'on fondait au haut-fourneau des scories qui fussent mélangées d'une certaine quantité de fer métallique, il pourrait arriver que la fonte devint pâteuse, et qu'il se formât, dans le creuset, des loupes qu'on ne pourrait pas en faire sortir sans courir le risque de dégrader le fourneau. J'ai peine à croire qu'il y ait des scories de forges qui contiennent une quantité de fer

assez grande pour qu'il puisse en résulter de pareils accidens: cependant, quoi qu'il en soit, je pense qu'il sera bon de trier les scories qu'on voudra fondre et de continuer à extraire les grains métalliques des plus riches, en les boccardant et en les lavant, comme on a coutume de le faire dans les usines bien dirigées, parce que cette opération, qui est très-simple, a l'avantage de donner, presque sans frais, du fer pur, et que l'on peut chauffer immédiatement avec les loupes pour l'étirer en barres; en ayant soin de recueillir le sable que l'eau dépose en sortant des boccards, on pourra d'ailleurs n'éprouver aucune perte de matière; mais il est essentiel de faire remarquer qu'il y aurait de grands inconvéniens à traiter ainsi toutes les scories indistinctement. Effectivement si on les réduisait en sable en totalité, elles *cribleraient* rapidement, c'est-à-dire qu'elles passeraient à travers les interstices que les charbons laissent entre eux, et il en résulterait qu'elles tomberaient dans le creuset avant d'être complètement réduites: alors les laitiers se trouveraient chargés d'une grande quantité d'oxide de fer, et seraient très-liquides; mais, par une conséquence nécessaire, on n'obtiendrait presque pas de fonte.

On a remarqué que lorsqu'on mêle avec des minerais de qualité ordinaire des scories qui proviennent de forges dans lesquelles on fabrique de bon fer, ces scories rendent la fonte très-douce et propre à donner elle-même du fer excellent; mais que les scories que l'on obtient dans les usines où l'on ne fait que du fer cassant donnent des fontes qui produisent du

Observations sur la
qualité des
scories.

fer plus mauvais encore. Il paraît que le phosphore, qui est la substance à laquelle la plupart de nos fers cassans doivent leur mauvaise qualité, se sépare en partie des fontes pendant l'affinage, et qu'il se concentre dans les scories à l'état d'acide phosphorique. D'après ces observations, il est évident qu'on devra éviter d'employer de pareilles scories toutes les fois que la fonte qu'elles pourraient produire sera destinée à être affinée; mais comme les fontes qui contiennent un peu de phosphore sont encore propres à une infinité d'usages, quoique étant de qualité médiocre, il y aura toujours moyen d'utiliser les scories, même les plus mauvaises.

MÉMOIRE

SUR les Carrières et les Fours à plâtre de Saint-Léger-sur-Dheune (Saône - et - Loire).

PAR M. LEVALLOIS, Aspirant au Corps royal des Mines.

LES carrières de plâtre de Saint-Léger sont situées auprès de la grande route de Paris à Châlons-sur-Saône, et à 2 ou 3 kilomètres du canal du Centre : elles se trouvent à mi-côte de la colline qui domine le village à l'est, et qui est traversée par la grande route.

Situation
des carrières.

L'existence du gypse dans cette localité est constatée depuis cinquante ans ; mais on ne connaissait pas alors toute l'étendue du gisement ; car pendant long-temps il n'a existé que deux exploitations, celles qui sont situées au sud de la grande route, et qui appartiennent à MM. Bidremant ; encore n'avaient-elles pas alors tout le développement qu'elles ont aujourd'hui. Depuis une vingtaine d'années, il s'est élevé neuf exploitations au nord de la même route, et d'autres carrières ont été aussi ouvertes dans des communes voisines.

Historique.

§ I^{er}. *Constitution géologique des environs de Saint-Léger.*

Placé dans un fond, sur la petite rivière de Dheune, le village de Saint-Léger est environné de tous côtés par des collines en général bien