

la moyenne des résultats acquis sur un même modèle (1).

La dernière colonne du tableau indique la différence  $d$ , en pour cent, des résultats obtenus par l'emploi des types de formules.

Tous les chiffres de ce tableau sont exprimés en pieds. Le débit  $Q$  se rapporte à une largeur de déversoir de un pied, et la hauteur  $H$  indiquée représente la charge sur le déversoir augmentée de la charge correspondante à la vitesse d'arrivée de l'eau sur le déversoir.

Si l'on trace la courbe représentative des variations du coefficient  $C$ , on remarque que cette courbe s'écarte peu d'une droite pour le déversoir n° 3, tandis qu'elle présente une forme courbe très accusée par le déversoir n° 4. Pour les très faibles charges, l'influence du bec amont du déversoir n° 3 par rapport au n° 4 est peu sensible, et, en tous cas, paraîtrait favoriser l'écoulement; par contre, pour les charges au-dessus de 3 pieds, elle a pour effet de diminuer notablement la valeur du coefficient  $C$ , et par suite celle du débit.

## LA FABRICATION DU FERRO-MANGANÈSE AU FOUR ÉLECTRIQUE

—(SUITE ET FIN)—

Dans le numéro précédent de *La Houille Blanche*, nous avons opposé le four électrique au haut fourneau pour la fabrication des ferros-manganèse. Nous voulons aujourd'hui parler des matières premières employées dans cette industrie et des usages, de jour en jour plus nombreux, de ce produit.

### MATIÈRES PREMIÈRES

**Minerais de manganèse.** — Ils se rangent au point de vue minéralogique en deux groupes : les minerais oxydés et hydratés d'une part, et les minerais carbonatés et silicatés de l'autre.

Les minerais oxydés les plus abondants sont : la psilomélane, la polianite, la pyrolusite. La manganite, la braunite, la haussmannite et le wad se trouvent en plus petite quantité. — Les minerais carbonatés et silicatés, le manganèse spathique et les minerais silicieux ont une teneur plus faible en manganèse que les minerais oxydés.

On trouve les minerais de manganèse en affleurement, couches de profondeur ou métamorphisés. Ces groupes de gîtes ont beaucoup de points communs avec les couches ferrugineuses et forment avec ces dernières les groupes définis de minerais ferro-manganésifères.

Les minerais à forte teneur sont extraits principalement de la Russie, du Brésil et des Indes; on en trouve aussi de petites quantités en *Turquie*, en *Grèce*, en *France* et en *Espagne*.

La *Russie* est le pays le plus riche en minerais de manganèse; les 8/9 environ de sa production proviennent du Caucase, on en extrait aussi à *Iékaterinoslaw* et une petite quantité dans l'Oural.

Dans le *Caucase*, le gisement le plus important est celui de *Tschiatouri*, sur le *Kivirila*. La région manganésifère arrosée par le *Kivirila* est un plateau bas partagé par de nombreuses vallées; le sol est formé par des terrains tertiaires et crayeux, qui reposent en profondeur sur des couches graphitiques et syénitiques. Ce minerai est dirigé sur Poti

et surtout sur *Batoum*, qui est le grand port d'expédition du minerai de manganèse pour l'Allemagne.

Au *Brésil*, les gisements de minerai de manganèse les plus importants sont, d'après Kausch, ceux de la Miguel, Burnier Mine, dans le district de Minas Geraes; de Lafayette ou Queluz, dans le voisinage de l'Ouro-Preto; de Nazareth, dans le voisinage de San Salvador (district de Bahia); de Matto Grosso, au sud de Korumba; de Macuara, dans l'Amazonie, etc.

Le district brésilien le plus important au point de vue minerai de manganèse est le Miguel Burnier, sur le Chemin de Fer Central, près de l'Ouro-Preto.

Le sous-sol du pays est formé d'une couche de schistes ardoisiers d'une puissance de 10 mètres; on trouve au-dessus des calcaires dolomitiques à environ 1,50 % de manganèse et, enfin, une couche de minerai de manganèse, dont la teneur atteint 20 % pour cent.

D'après Scott, il y a là deux millions de tonnes de minerai exploitables. Ce minerai convient particulièrement bien pour la fabrication du ferro-manganèse pauvre en phosphore.

Aux *Indes*, la plus grande partie des minerais de manganèse provient des provinces centrales et, en particulier, des districts de Vagpur, Balaghat, Bhandara, Chindivara et Vizagapatam, etc...

En *Turquie*, le gisement de Kassandra est le plus important. En *Grèce*, c'est le district minier de Milos. Le minerai de Milos est peu estimé, car il est très riche en oxyde de manganèse (MnO) silicaté, dont la réduction est difficile. Les minerais à faible teneur de Mn sont rares en Grèce.

La *France* livre des oxydes de manganèses combinés avec du carbonate et du silicate. Je ne ferai mention que du minerai calciné de Las Cabasses, dans le département de l'Ariège et de celui de Romanèche.

Le domaine minier entre la Garonne et l'Ariège est composé de couches paléozoïques, étroitement pressées, orientées de l'ouest à l'est. Le minerai est du carbonate pur, en rognons ou bâtonnets, transformé en oxyde aux affleurements.

Les fosses de Las Cabasses sont situées dans la vallée de la Nert et appartiennent à la Société « Las Cabasses Mine Ld ».

Le minerai de Romanèche est un genre de psilomélane; sa composition est si constante que M. Lacroix, membre de l'Institut, professeur au Muséum, en a fait une espèce distincte qu'il appelle la Romanéchite, dont la formule serait :  $H^2 (Mn Ba) Mn^3 O^8$ .

M. Gorgen écrit cette formule :  $(MnBa) O, 3 MnO^2 + H^2 O$ . — L'eau paraît combinée.

Voici l'analyse de la Romanéchite donnée par M. Chamussy, directeur des mines de Romanèche :  $MnO^2$ , 63,27 % ;  $Fe^2 O^3$ , 3,50 % ;  $SO^4 Ca + Al^2 O^3 + SiO^2$ , 13,30 % ;  $BaO + CaO + MgO$ , 16,47 % ;  $CO^2$ , corps non dosés, 3,46 %. Soit au total 39,94 % de manganèse métal.

La Romanéchite forme des masses compactes ou concrétionnées à texture fibreuse; les surfaces libres des géodes sont le plus souvent mamelonnées, stalactiformes, botrogides; elles sont quelquefois recouvertes d'aiguilles fines donnant à la surface un aspect velouté; il existe des qualités pulvérulentes; la couleur du minerai est bleu d'acier ou noir; certains échantillons présentent une cassure irisée de diverses couleurs (queue de paon).

Les minerais de manganèse de Romanèche étant très denses et très durs, se prêtent admirablement au traitement métallurgique et surtout électrothermique, c'est pourquoi nous avons cru devoir leur réserver une place dans cette étude. Son prix varie de 0,75 à 1,10 l'unité de manganèse.

(1) Ces coefficients ne seraient plus les mêmes avec l'application du système métrique. Rappelons que le pied vaut 0<sup>m</sup>304765.

Nous indiquerons pour mémoire le gisement de Minerai de Manganèse de Huelva, en Espagne, dont l'importance va sans cesse en diminuant.

On exploite aussi des minerais manganésifères qui entrent dans la composition des lits de fusion. Ils sont importés principalement d'Espagne, de Grèce et de l'Asie Mineure; en Allemagne, on utilise surtout le spath grillé de Siegen et les minerais ferro-manganésifères de la mine de Fernic.

Voici la composition de quelques-uns de ces minerais :

MINERAIS A HAUTE TENEUR			MINERAIS FERRO MANGANESIFERES		
	Fe	Mn		Fe	Mn
Poti .....	1,45	48	Rostspat Siegerland.....	47,0	8,5
Indien .....	3,50	50,50	Fernic bei Giessen.....	22,5	21,0
Brésil.....	3,80	51,00	Carlagène (Espagne).....	23,0	19,5
France.....	4,2	45,00	Grèce (Manganeisenstein calciné).....	38,0	19,4
Espagne.....	2,20	48,30			

**Carbone.** — On emploie comme carbone le coke de gaz ordinaire et non la houille à cause de sa trop forte proportion de matières volatiles. La teneur en cendres généralement admise et qui me semble la meilleure, est de 10 à 12 %, à condition, toutefois, que la silice soit en faible quantité. Ce coke sert simplement à opérer la réduction du minerai.

**Ribbons de fer.** — Les ribbons employés dans la métallurgie du ferro-manganèse comprennent tous les déchets de fer, fonte, acier, tels que vis, clous, morceaux de fonte, etc. On utilise aussi les déchets venant des laminoirs et plus connus sous le nom de « paille de fer des laminoirs ».

Ces produits sont recouverts de Fe<sup>2</sup>O<sup>3</sup>, en général, on ne s'en préoccupe pas, mais nous croyons que la teneur en Fe<sup>2</sup>O<sup>3</sup> devrait être déterminée en gros, afin de pouvoir calculer la quantité de coke nécessaire à la réduction de cet oxyde. La teneur moyenne est de 10 à 12 %.

Le prix varie de 55 à 58 francs la tonne rendue à l'usine.

**Fondants.** — On emploie la castine ou le fluorure de calcium (spath fluor). Ces matières premières sont trop connues pour que nous nous y arrêtions.

PROPRIETES ET USAGES DES FERROS-MANGANÈSE

Le Spiegel renferme de 4 à 5 % Mn ; peu de Ph, 0,15 au maximum, car Ph rend les produits sidérurgiques cassants ; peu de S, car le Mn l'élimine ; le produit présente des facettes assez régulières ; il est blanc, très dur, un peu magnétique.

Ci-après une analyse de spiegel : (Acier) Ledebur

	C	Mn	Si	P	S
Spiegel petites facettes Georgs Marienhüte...	3,85	4,28	0,37	0,03	traces

Le ferro-manganèse 46-50 % est très dur, très compact et n'a plus cet aspect lamellaire ; son grain est fin, il est blanc jaunâtre et présente des effets irisés. Il n'est plus du tout magnétique. A 90 %, il ne se tient plus et se désagrège rapidement pour tomber en poussière ; plus facilement attaquable aux acides. Il peut renfermer 7,5 % C quand le taux en Si est faible.

Il est à remarquer que, plus la teneur en Mn augmente, plus le point de saturation de C s'élève ; c'est ce qu'a exprimé très clairement M. Ledebur, dans un tableau que nous reproduisons ci-après, car il montre bien ce phénomène d'équilibre chimique.

Mn % .....	10-20	35	50	65	80	90
Point de saturation pour le C correspondant	5	5,5	6	6,5	7	7,3

En réalité, la teneur en C atteint même 7,5 % à condition

qu'il y ait très peu de Si, car le Si joue le rôle inverse du Mn.

Composition de ferro-Manganèse. — (Ledebur — Métallurgie du fer)

	C	Si	Mn	P	S
Tamaris (Alais).....	5,50	0,2	81,00	0,08	Traces
Hoerder.....	7,00	0,05	70,40	0,12	Traces

Dans la 2<sup>e</sup> analyse, il y a 0,05 Si pour 7 % C, tandis que, dans la 1<sup>re</sup>, contenant 0,2 Si, il y a 5,5 % C.

**Usages des ferros-manganèse.** — Les principaux usages sont : l'affinage des aciers ordinaires ; la préparation des aciers spéciaux au manganèse ; la préparation de certains bronzes manganéux et alliages de manganèse.

1<sup>o</sup> LE FERRO-MANGANÈSE AGENT D'AFFINAGE. — Cet alliage renferme en plus du fer et du manganèse, une proportion de carbone qui varie, comme nous l'avons vu, de 4 à 7,5 % ; on conçoit donc aisément que ce produit servira à mettre au point un acier sous le rapport du carbone, et outre cette propriété, il servira à désulfurer et à désoxyder le bain d'acier. Cette oxydation a été provoquée, comme on le sait, par l'introduction dans le four, de la paille de fer des laminoirs, dans le but d'éliminer C — S — P contenus dans les ribbons et la fonte employés.

Tandis que l'oxyde de fer FeO dégage 68,9 Calories pour se former, l'oxyde MnO en dégage 95,1 ; il en résulte donc que l'addition du ferro-manganèse a comme conséquence la formation de MnO aux dépens de l'O du fer, donc agit pour désoxyder celui-ci ; en outre, ce MnO contribue à scorifier le FeO non réduit et, par la scorification du mélange fondu, il fait disparaître du bain tous les éléments qui s'y trouvaient unis ou dissous : c'est là sa principale action d'affinage. De plus, il résulte de la désoxydation, un bain privé de gaz, ce qui évite, par suite, les soufflures.

C'est en se basant sur ce dernier phénomène, que certaines aciéries Martin, pour éviter les soufflures, introduisaient du ferro-manganèse dans la poche de coulée elle-même. Ce procédé est sujet à controverse, car s'il fait disparaître les soufflures, il fournit un acier « non homogène ».

Le Fe<sup>2</sup>O<sup>3</sup> et FeO existant dans le bain, ne peuvent plus s'éliminer, puisque toute la SiO<sup>2</sup> est déjà éliminée, mais le ferro-manganèse par son Mn va s'oxyder aux dépens du Fe<sup>2</sup>O<sup>3</sup> dissous, et on aura : FeO + MnO, qui sont tous deux bien plus aisément scorifiables.

Ensuite, le ferro agira par son C et, si la proportion en a été bien calculée, on arrivera très facilement à l'acier voulu.

On a essayé de recarburer directement avec C, mais on a une perte énorme en C, parce qu'une partie avait de se dissoudre dans le bain, brûle à la surface, tandis que le ferro, qui renferme déjà le C dissous, s'assimile plus facilement.

**Introduction du ferro-Mn dans les aciers.** — L'introduction du ferro-manganèse dans les aciers se fait suivant différents procédés. D'ordinaire, elle se fait peu de temps (environ une demi-heure) avant la coulée.

Dans le four Bessemer, si l'on ajoute du spiegel (ferro-Mn au-dessous de 25 % Mn), comme il en faut une quantité assez forte, l'introduction se fait sous forme de produit fondu, afin de ne pas refroidir le bain.

Si on emploie du ferro-manganèse proprement dit, le produit s'ajoute sous forme solide au moment précis où la scorification, c'est-à-dire la disparition de Si du bain, est terminée. Le moment d'introduction du ferro est connu sous le nom de période des fumées. Aussitôt le ferro introduit, il se produit un bouillonnement intense du bain qui cesse quand les réactions sont terminées.

Dans le four Martin, l'addition du spiegel ou du ferro-manganèse se fait presque à la fin de l'opération, quand  $\text{SiO}_2$ , S et P sont éliminés ; on détermine par un essai physique sur une éprouvette, la teneur en C et on ajoute alors le fer ; on le projette en morceaux de la grosseur d'une noix à la surface du bain ; le soufflage des gaz opère le mélange avec le bain.

Dans les fours électriques, l'introduction de ferro-manganèse se fait toujours 20 à 25 minutes avant la coulée. On soulève une des portes du four et on projette le produit à la pelle à la surface du bain ; grâce à la température élevée de ces fours, le bouillonnement de l'acier produit le mélange intime du bain et du ferro.

2° LE FERRO-MANGANÈSE POUR LES ACIERS SPÉCIAUX. — À partir de 0,25 Mn %, on a les aciers au Mn, très peu étudiés encore, mais dont l'emploi se généralise de plus en plus. Ils tendent à remplacer les aciers au nickel dans la plupart de leurs utilisations et, cela, pour deux raisons : leur prix moins élevé, leurs propriétés spéciales.

Ces aciers offrent une grande résistance au choc. Lorsque la proportion de Mn varie de 1 à 5 %, l'augmentation de la charge de rupture et la limite élastique croissent lentement, et la striction et les allongements diminuent ; c'est ce qui a fait préconiser l'acier au Mn pour la fabrication des rails et des aiguillages des chemins de fer.

Un acier fait au Creusot, et qui renfermait : C, 1 à 1,5 %, Mn, 12 à 15 %, trempé à l'eau à 900°, a présenté les caractéristiques suivantes qui donnent raison aux considérations ci-dessus exposées :

$$R = 95 \text{ kgs par mm}^2 ; E = 35 ; A = 45 \text{ (}^1\text{)} ;$$

alors qu'un acier extra dur, ayant 0,8 % de C, a pour caractéristiques :  $R = 85\text{--}100 \text{ kgs} ; E = 55 ; A = 8$ .

C'est ce qui justifie le mouvement actuel qui tend à donner la préférence aux aciers manganésés contre les aciers au nickel. Une raison importante et qui, nous l'espérons, interviendra pour une large part dans cette lutte, sera celle du bas prix de revient d'un acier au Mn par rapport à un acier au Ni. Il nous a paru intéressant, en outre, de citer ci-après, quelques chiffres extraits d'un article de MM. Schneider et Co, paru dans la *Revue de Métallurgie* de mai 1909.

La résistance de l'acier au Mn est plus élevée que celle à 20-25 % Ni ; elle dépasse 100 kilogs. Propriétés, en somme, comparables à celles des aciers au tungstène, mais, comme avantage sur ces derniers, l'acier au Mn n'est pas si fragile.

#### ESSAIS DE TRACTION

(Barreaux de classement de 16 mm. de diamètre ; longueur entre repères : 100 mm. ; forgés et trempés.)

Repères entre barreaux	Limite d'élasticité E	Charge de rupture R par mm <sup>2</sup>	Allongement A %	Contraction $1 - \frac{S'}{S}$	OBSERVATIONS
1	41,00	99,60	44,00	0,440	Cassure à nœud en sifflet.
2	43,70	99,60	46,00	0,437	
3	40,60	97,20	42,00	0,395	
4	41,80	107,80	55,00	0,425	
5	39,20	103,40	48,50	0,421	
6	39,20	93,80	45,00	0,415	
7	42,80	105,40	51,00	0,413	
8	41,40	102,20	54,00	0,430	

À titre de comparaison, nous donnons des chiffres sur les aciers au Ni, qui peuvent servir de point de comparaison

(1) R = rupture à la traction par millimètre carré ; E = limite élastique ; A = allongement pour cent.

avec les aciers au Mn. — Pour une teneur en Ni égale à une teneur en Mn, on a des aciers moins résistants.

#### ACIERS AU NI (Ledebur).

Ni	C	Si	S	P	Mn	Rupture par mm <sup>2</sup>	Limite d'élasticité	Allongement %	Striction %
0,27	0,19	0,31	0,10	0,09	0,79	49,5	26,8	35,6	55,0
1,92	0,14	0,21	0,08	0,07	0,71	54,2	54,2	40,8	55,2
5,81	0,18	0,31	n. d.	—	0,85	64,4	44,7	30,8	55,2
9,51	0,18	0,20	—	—	0,86	134,2	70,0	9,3	54,2
15,48	0,23	0,34	0,11	—	0,63	147,6	81,6	3,2	2,5
16,64	0,19	0,27	n. d.	n. d.	0,93	142,8	74,8	6,9	6,4
29,07	0,14	0,38	—	—	0,85	60,4	39,2	32,9	41,0

#### CONCLUSION

Etant donné tous les avantages de ces ferro-alliages qui constituent des produits de haute valeur marchande, nous sommes convaincus que le mouvement qui tend à donner la préférence au ferro-manganèse électrique, s'affirmera de plus en plus et que, grâce à nos belles chutes des Alpes, nous arriverons à la fabrication de la presque totalité des alliages de fer et de manganèse dans les usines électrométallurgiques.

On aura ainsi réalisé un progrès. En effet, pauvres en charbon, mais riches en houille blanche, nous monopoliserons chez nous cette métallurgie des métaux spéciaux qui compensera, par le haut prix des produits, le chiffre d'affaires que nos rivaux industriels tendent à nous enlever par les gros tonnages dans la fabrication des produits communs. Quand on voit comment la houille blanche a bien justifié les espérances qu'elle a fait naître, on est confiant dans l'avenir. Nous souhaitons que, pour la France, cette branche de l'électrométallurgie continue à justifier le titre « d'industrie nationale » qu'on lui a si justement donné.

Charles GAY,

Ingenieur-chimiste (électrométallurgiste),  
Licencié ès-sciences.

## CONSTRUCTION DE LACS ARTIFICIELS

EN SARDAIGNE ET DANS LA CALABRE

La Chambre des Députés italienne vient d'approuver un projet de loi pour la création de grands lacs artificiels sur les fleuves : Sila, en Calabre, et Tirso, en Sardaigne.

Il s'agit d'installations et constructions colossales n'ayant pas de précédents en Europe. Sur la Sila, on construira trois réservoirs qui fourniront au total 150 000 chevaux, pouvant être employés pour traction, éclairage et force motrice en Calabre, dans les Pouilles et dans tout le midi. Le devis est de 65 millions. Les installations de la Sila serviront également à arroser une vaste plaine du Cotrone.

Le réservoir du Tirso, en Sardaigne, coûtera 25 millions de lires et pourra contenir 330 millions de mètres cubes avec un périmètre de 60 kilomètres environ. Il servira surtout pour l'irrigation de 20 000 hectares de terrain, et produira quelques milliers de chevaux qui pourront être utilisés dans les mines de l'île.

Pour ces deux grandioses installations, l'industrie privée ne demanderait à l'Etat que les facilités fiscales accordées par les lois édictées pour le Midi.

Les concessionnaires devront tenir à la disposition de l'Etat et au prix de revient, l'énergie nécessaire pour les Services publics et, après 60 années, au terme de la concession, les réservoirs, les centrales et les installations principales passeront gratuitement à l'Etat.