

MANGANESE 2010

MATIÈRES PREMIÈRES :

La teneur moyenne de l'écorce terrestre est de 0,1 %.

Minerais : pyrolusite (MnO_2), psilomélane ([oxyde hydraté](#)), haussmannite (Mn_3O_4), rhodochrosite ($MnCO_3$), rhodonite ($MnSiO_3$).

Le manganèse est souvent associé à des [minerais de fer](#).

Les minerais dits métallurgiques qui ont des teneurs qui dépassent 35 % de Mn sont destinés à la fabrication d'alliages. Les minerais riches ont des teneurs > 44 % de Mn qui peuvent atteindre 57 %. Les minerais ferrifères qui ont des teneurs comprises entre 10 et 35 % de Mn et les minerais manganifères qui sont des minerais de fer riches en Mn (5 à 10 %), sont employés pour ajuster la teneur en manganèse des fontes produites au haut fourneau.

Productions minières : en 2010, en milliers de t de Mn contenu dans les minerais. Monde : 14,8 millions de t de Mn contenu dans 47 millions de t de minerai.

| | | | |
|----------------|-------|---------|-------|
| Chine | 2 800 | Inde | 1 100 |
| Australie | 2 400 | Brésil | 830 |
| Afrique du Sud | 2 200 | Ukraine | 580 |
| Gabon | 1 400 | Mexique | 210 |

Source : USGS

Mines importantes :

- Groote Eylandt, dans le Territoire du Nord, en Australie : la mine de manganèse à haute teneur, la plus importante au monde, à ciel ouvert, est exploitée par GEMCO, joint venture entre BHPBilliton, 60 % et Anglo American 40 %. 70 % de sa production de 3,4 millions de t, en 2009-10, est exportée.

- En Afrique du Sud : dans le bassin du Kalahari avec les mines, à ciel ouvert de Mamatwan et souterraine de Wessels exploitées par BHPBilliton, 60 % et Anglo American 40 % et les mines souterraines de Nchwaning et Gloria exploitées par Assmang.

- Au Gabon, la mine de manganèse de Moanda, exploitée par Comilog (Compagnie minière de l'Ogooué), filiale à 65,08 % d'Eramet avec une participation de 27,58 % de l'Etat gabonais, produit un minerai de teneur élevée, comprise entre 44 et 52 % avec une moyenne de 48 %. Le minerai, extrait à ciel ouvert (la couche de stérile ne possède qu'une épaisseur de 4 à 5 m), à l'aide de pelles hydrauliques, est enrichi sur place dans une laverie, acheminé par bande transporteuse jusqu'à la gare de Moanda puis transporté sur 600 km par le Transgabonais (dont Comilog possède la concession pendant 30 ans depuis 2005) jusqu'au port d'Owendo. La capacité de production est de 3,5 millions de tonnes de minerai (avec en projet, une extension à 4 millions de t pour 2012) avec une production de 3,2 millions de t, en 2010. La France, les Etats-Unis et le Japon sont les principaux importateurs du manganèse gabonais dont la plus grande partie est utilisée sous forme de ferroalliage. Les ressources mesurées sont de plus de 100 millions de t de minerai à 45 % de Mn, la teneur de coupure étant de 30 %.

- Au Brésil, à Carajas (état de Para), en Amazonie, Vale exploite la mine Azul avec une production de 2 millions de t de minerai, en 2008 et des réserves de 43,3 millions de t de minerai à 41,1 % de Mn.

Principaux producteurs :

- BHPBilliton (Australie) : 6,1 millions de t de minerai en 2009-10 dont 3,4 millions de t en Australie et 2,7 millions de t en Afrique du Sud. Possède 60 % de la société Samancor Manganese (avec 40 % pour Anglo American) qui exploite, en Afrique du Sud la mine à ciel ouvert de Mamatwan et la mine souterraine de Wessels dans le bassin du Kalahari. Possède, en Australie, 60 % (avec 40 % pour le groupe Anglo American) la mine de Groote Eyland. Le groupe vend 80 % de sa production, les 20 % restants étant utilisés en propre pour fabriquer des alliages de manganèse.

- Comilog (Eramet) (Gabon) : production de 3,2 millions tonnes de minerai, en 2010, dans la mine de Moanda.

- Assmang Ltd (Afrique du Sud) : 3,1 millions de t de minerai, en 2010.

- Anglo American : possède 40 % de Samancor Manganese, en Afrique du Sud et 40 % de la production de GEMCO qui exploite la mine de Groote Eyland. La production, en 2010, est de 3 millions de t de minerai.

- Vale (Brésil) : 2,4 millions de t de minerai en 2008 avec des réserves, au Brésil, de 52,5 millions de t de minerai à 38,2 % de Mn.

- Ghana Manganese Company (Ghana) : la capacité de production est 1,8 million tonnes.

- Consolidated Minerals Ltd (CML) (Australie) : la production, en 2009, est 961 000 tonnes de minerai à 47,4% de Mn dans la mine de Woodie Woodie située dans la région de Pilbara, en Australie de l'Ouest. Les réserves sont de 12,4 millions de t de minerai à 41,8 %.

- Compania Minera Autlan S.A.B of C.V (Mexique), produit du minerai dans la mine de Molango et du dioxyde naturel de manganèse, dans la mine de Nonoalco, destiné principalement aux piles.

Commerce international :

Principaux pays exportateurs : Gabon, Afrique du Sud, Australie, Brésil...

Principaux pays importateurs : Chine : 11,5 millions de t de minerai en 2010, Japon, États-Unis (490 000 t de Mn contenu en 2010), Norvège, Royaume-Uni, Italie ...

Réserves de minerais riches (Mn > 44 %) : en milliers de t de Mn contenu. Monde : 630 millions de t.

| | | | |
|----------------|---------|---------|--------|
| Ukraine | 140 000 | Inde | 56 000 |
| Afrique du Sud | 120 000 | Gabon | 52 000 |
| Brésil | 110 000 | Chine | 44 000 |
| Australie | 93 000 | Mexique | 4 000 |

source : USGS

Nodules sous-marins : le manganèse avec des teneurs comprises entre 15 et 30 % est associé à du cuivre, du nickel et de cobalt. Les réserves sont estimées à 2,3 milliards de t de Mn contenu. Leur exploitation n'est pas actuellement rentable.

MÉTALLURGIE :

Des minerais de manganèse sont **directement utilisés** en **sidérurgie** ou dans le cas de la pyrolusite dans les **pires sèches** (voir plus loin) mais, le plus souvent, les minerais sont réduits pour donner des alliages de manganèse. Le manganèse métallique, non allié, n'a pas d'utilisation finale.

Il existe deux méthodes pour obtenir des alliages de manganèse :

Dans un haut fourneau (30 % de la production)

La métallurgie du manganèse s'apparente à celle de la fonte, sauf que la réduction de MnO (oxyde stable au-dessus de 1200°C) par CO est plus difficile que celle de FeO. Contrairement à FeO, MnO est réduit par le carbone. On considère que la réduction ne peut se produire qu'au-dessus de 1310°C et peut être représentée par une réaction voisine de :



En présence du fer présent dans le minerai, il se forme un carbure mixte fer - manganèse. Une partie du manganèse, sous forme de MnO, reste dans le laitier. Cette filière permet l'obtention :

- **du ferromanganèse carburé** : composition : Mn : 76-80 %, Fe : 12-15 %, C < 7,5 %, Si < 1,2 %.

Il est au manganèse ce que la fonte est à l'acier.

- **du ferromanganèse affiné (à moyen carbone)** : Mn 80 %, et contient de 1 à 1,5 % de C. Il est produit le plus souvent par affinage à l'oxygène du ferromanganèse carburé.

Dans un four électrique (70 % de la production)

Le ferromanganèse est obtenu en chauffant un mélange d'oxyde de manganèse MnO₂ et d'oxyde de fer (III) Fe₂O₃, avec du carbone . Cette filière permet l'obtention :

- **du ferromanganèse surraffiné (à bas carbone)** : Mn de 80 % à 90 %, C : ~0.1%. Il est produit à partir de silicomanganèse.

- **du silicomanganèse** : composition moyenne : Mn : 65-68 %, Si : 16-21 %, C : 1,5-2 %.

Métal : il est obtenu par électrolyse de solutions aqueuses de sulfate manganéux et sulfate d'ammonium qui donne du manganèse (dénommé EMM) à 99,98 % de teneur en manganèse, sous forme de fragments de cathodes appelés "flakes" ou électrothermiquement, à la limite d'affinage du ferromanganèse qui donne du manganèse à 99 % de teneur avec une teneur en carbone C inférieure à 0,02 %. L'utilisation de la silicothermie et de l'aluminothermie pour l'obtention du métal est marginale.

Recyclage : le manganèse contenu dans les ferrailles est recyclé avec ces dernières.

PRODUCTION D'ALLIAGES DE MANGANESE

Cette production est directement liée à celle de l'acier la consommation moyenne de manganèse étant de 10 kg par tonne d'acier. A l'exception du Japon qui a développé l'introduction directe, en sidérurgie, de minerai de manganèse, l'apport de manganèse est réalisé, sous forme métallique, à l'aide d'alliages.

Productions : en 2008.

La production mondiale d'alliages de manganèse est de 13,5 millions de tonnes dont 7,5 millions de tonnes de silicomanganèse et 6 millions de tonnes de ferromanganèse. La production de l'Union européenne est 4,6 millions de t dont 2,67 millions de tonnes de silicomanganèse et 1,95 millions de tonnes de ferromanganèse.

| | ferromanganèse | silicomanganèse |
|----------------|----------------|-----------------|
| Chine | 2 100 000 t | 4 500 000 t |
| Ukraine | 362 000 t | 894 000 t |
| Afrique du Sud | 610 000 t | 260 000 t |
| Brésil | 340 000 t | 350 000 t |
| Norvège | 215 000 t | 200 000 t |
| Australie | 125 000 t | 140 000 t |

Source : USGS

En 2010, la production mondiale d'alliages de manganèse est de 14,6 millions de t dont 8,7 millions de t de silicomanganèse, 3,3 millions de t de ferromanganèse carburé et 1,5 million de t de ferromanganèse affiné.

La production de manganèse métal (EMM) est de l'ordre de 1,3 million de t/an. Cette production est réalisée à 95 % en Chine, par électrolyse, le reste en Afrique du Sud.

- Principaux pays importateurs : Etats-Unis : 320 000 t de ferromanganèse, 310 000 t de silicomanganèse, en 2010.

- Principaux pays exportateurs : Chine : 741 000 t de silicomanganèse, en 2008, 365 000 t de ferromanganèse, en 2008, 224 000 t de manganèse métal, en 2010.

Producteurs :

- Eramet a produit, en 2010, 779 000 t d'alliages de manganèse dont 327 000 t de ferroalliages affinés, 256 000 t de ferroalliages carburés et 196 000 t de silicomanganèse. La production a été réalisée dans des fours électriques sauf, en Chine, dans des hauts fourneaux. La production est effectuée en France à Dunkerque (70 000 t/an de silicomanganèse), en Norvège à Porsgrunn (150 000 t/an), Saouda (180 000 t/an) et Kvinesdal (180 000 t/an), aux Etats Unis à Marietta (180 000 t/an), en Chine à Guilin (140 000 t/an) et Guanxi (95 000 t/an).

- BHPBilliton : production de 583 000 t d'alliages de manganèse dont 364 000 t en Afrique du Sud et 219 000 t en Australie. Exploite à 60 % (avec 40 % pour Anglo American) l'usine GEMCO de Meyerton en Afrique du Sud et l'usine TEMCO de Bell Bay, en Tasmanie (Australie).

- Vale : production de 475 000 t d'alliages de manganèse, en 2008, dont 308 000 t au Brésil, 112 000 t en Norvège et 55 000 t en France.

- Manganese Metal Company (Afrique du Sud), filiale de Samancor (BHPBilliton 60 % - Anglo American 40 %) produit du manganèse métal par voie électrolytique (MMC) à 99,9 % de pureté dans son usine de Nelspruit, avec une capacité de production est 27 000 tonnes par an.

SITUATION FRANÇAISE en 2010 :

- Pas de production minière, mais la société française Eramet, deuxième producteur mondial de minerai de manganèse avec sa filiale à 67,25 %, Comilog, exploite le gisement de Moanda au Gabon. La production est de 3,2 millions de tonnes de minerai, en 2010.

- Importations de minerai : 721 271 t (Brésil : 72 %, Afrique du Sud : 16 %, Gabon : 12 %).
- Exportations de minerai : 129 808 t (Norvège : 24 %, Slovaquie : 14 %, Pays Bas : 14 %, Espagne : 13 %).

Alliages de manganèse : la France est un producteur de ferromanganèses et silicomanganèse.

- Production, en 2008, de ferromanganèse et silicomanganèse :

Ferromanganèse : 103 000 t

Silicomanganèse : 55 000 t

- Importations d'alliages de manganèse : 16 772 t (Luxembourg : 24 %, Afrique du Sud : 21 %, Norvège : 19 %, Chine : 17 %).

- Exportations d'alliages de manganèse : 717 t (Allemagne : 65 %).

Oxyde de manganèse :

- Importation d'oxyde de manganèse : 9 066 t (Pays Bas : 39 %, Brésil : 17 %, Afrique du Sud : 17 %, Corée du Sud : 9 %).

- Exportation d'oxyde de manganèse : 1 815 t (Italie : 55 %, Allemagne : 12 %).

Producteurs :

Eramet réalise, en 2010, 52 % de son chiffre d'affaires avec sa branche manganèse, avec un effectif de 6 433 personnes.

- Extrait, avec sa filiale Comilog, du minerai au Gabon dans la mine de Moanda. C'est le 2^{ème} producteur mondial de minerai de haute teneur avec, en 2010, une production de 3,2 millions de tonnes.

- Produit des alliages de manganèse : c'est le 2^{ème} producteur mondial d'alliages de manganèse pour la sidérurgie, voir ci-dessus.

- Produit des dérivés chimiques du manganèse (oxydes et sels de manganèse) : c'est le premier producteur mondial avec des usines aux Etats Unis à Baltimore (Maryland) et New Johnsonville (Tennessee), au Mexique à Tampico, en Belgique à Tertre, en Chine à Chongzuo.

- Recycle le dioxyde de manganèse de piles dans la fabrication de ferroalliages, en France, à Feurs (42).

Comilog envisage de construire à Moanda, un complexe métallurgique devant démarrer en 2013, avec une usine de production de silico-manganèse de 65 000 tonnes/an de capacité et une usine de production de manganèse métal de 20 000 tonnes/an.

Vale exploite à Grande-Synthe, près de Dunkerque, une usine de fabrication d'alliages de manganèse à l'aide du plus grand four de ferro-alliages de manganèse dans le monde d'une puissance de 102 MVA. Les consommations sont de 450 000 t/an de minerai brésilien, 60 000 t/an de minerai sud africain, 60 000 t/an de coke, 40 000 t/an d'anthracite. Les capacités de production de ferroalliages de manganèse sont de 140 000 t/an.

UTILISATIONS :

Consommations : dans le monde, en 2009, de 12,4 millions de tonnes, soit le 4^{ème} métal le plus utilisé après le fer, l'aluminium et le cuivre, devant le zinc. La répartition de la consommation a été de 7,4 millions de t de silicomanganèse, 4,2 millions de t de ferromanganèse carburé et 0,8 million de t d'alliages raffinés. La Chine représente 60 % de la consommation mondiale

Secteurs d'utilisation : il est principalement, à 90 %, destiné à la sidérurgie et à 10 % à la chimie.

Sidérurgie : le manganèse, introduit à l'étape du haut fourneau, est pour sa plus grande partie oxydé et ne se retrouve pas dans la fonte. Le manganèse doit être ajouté en aciérie, lors de l'affinage de la fonte. Il a longtemps joué un rôle essentiel de désoxydant (en complément du silicium) et de désulfurant. Ces rôles sont actuellement réduits (30 % des ajouts de Mn) au bénéfice de celui d'élément d'alliage (70 % des ajouts de Mn). Le manganèse abaisse la température de transformation de l'austénite en ferrite et permet ainsi d'éviter l'accumulation de cémentite aux joints de grains. Il joue aussi sur la structure de la perlite, en apportant de la dureté à l'acier. Ainsi, la présence de manganèse dans les gisements de fer exploités par Sparte dans la Grèce ancienne est l'une des causes de la supériorité de son armement.

La majeure partie des aciers contient de 0,15 à 0,8 % de Mn, soit une consommation moyenne de 6 kg/t d'acier. Le manganèse contenu dans l'acier final ne représente qu'environ 1/3 du manganèse consommé : les 2/3 du manganèse introduit sont perdus par oxydation et se retrouvent, principalement, dans les scories.

Les aciers inoxydables contiennent environ 1 % de Mn (dans certains cas jusqu'à 4 et même 16 %). Les aciers inoxydables de la série 200, contenant moins de nickel, sont de plus en plus employés en remplacement des aciers des séries 300 et 400. Leur teneur en manganèse est de 9 % au lieu d'environ 1 % pour ceux des séries 300 et 400.

Les aciers laminables à haute résistance mécanique, de 1 à 1,8 %, pour fabriquer des oléoducs, des coques de navire... Les aciers à haute limite élastique, de 0,7 à 1,6 % de Mn. L'acier Hadfield, non magnétique et très résistant à l'abrasion, contient 12 à 14 % de Mn et 1,25 % de C : il est irremplaçable pour les croisements de voies ferrées.

L'allègement des véhicules automobiles est réalisé, en partie, en faisant appel à des aciers à "haute résistance" qui contiennent environ 0,9 % de Mn au lieu des 0,4 % des aciers traditionnels employés dans ce secteur d'application.

La consommation de la sidérurgie française a été, en 2004, de 525 000 tonnes d'alliages de manganèse.

Autres utilisations : métallurgies non ferreuses, piles, catalyseurs, céramiques, pharmacie...

- Alliages d'aluminium : la présence de manganèse renforce leur résistance à la corrosion. Ces alliages sont employés, par exemple, dans la fabrication de boîtes-boisson.

- Alliages de cuivre : Mn est utilisé pour désoxyder et améliorer leurs propriétés mécaniques et de moulage. L'alliage Cu : 84 %, Mn : 12 %, Ni : 4 % a une résistivité invariante en fonction de la température.

- Fongicide sous forme de manganèse-éthylène bisdithiocarbamate (Mn-EBDC), élément actif principal du maneb, 200 000 tonnes de maneb sont consommées par an dans le monde.

- Piles sèches : 2^{ème} débouché important du manganèse (sous forme d'oxyde). Dans les piles salines ou alcalines, MnO₂ est utilisé au pôle + en présence de carbone (graphite naturel ou noir

[d'acétylène](#)) qui augmente la conductibilité électrique. Il joue un rôle de dépolarisant car, étant plus oxydant que H_3O^+ , il évite la formation, par électrolyse, de [H₂](#) qui formerait autour de l'électrode + une couche isolante et ainsi polariserait et arrêterait la pile.

Le dioxyde de manganèse utilisé doit être actif électrochimiquement. Pour cela, il doit être constitué de MnO_2 de structure α ou γ , à des teneurs de 75-95 %, et contenir des ions Mn^{4+} , Mn^{3+} , des groupements acides et de l'eau. MnO_2 actif peut être naturel (dioxyde NMD extrait au Gabon, au Ghana, au Brésil, en Chine, au Mexique, en Inde) ou artificiel (obtenu par synthèse chimique (dioxyde CMD) ou électrolytique (dioxyde EMD destiné aux piles alcalines)). Le dioxyde naturel le plus courant est la pyrolusite (structure β) qui n'est pas active mais peut être rendue active (dioxyde AMD).

Dans le cas des piles salines cylindriques, l'axe de la pile est constitué d'un crayon de graphite plongeant dans l'aggloméré MnO_2 -carbone. Le pôle -, en [zinc](#), constitue le boîtier.

En France, la consommation d'[énergie](#) provenant de piles est de 2 à 3 10^6 kWh (les centrales électriques thermiques et hydrauliques fournissent près de 5 10^{11} kWh).

La production mondiale de dioxyde synthétique (EMD et CMD) est de l'ordre de 300 000 t de dioxyde/an à part égale entre les 2 types. La Chine possède 59 % et les Etats Unis 17 % des capacités mondiales de production de dioxyde EMD.

- [Élaboration du permanganate de potassium](#) : le procédé électrochimique a supplanté le procédé chimique (oxydation du manganate par le [chlore](#)).

1^{ère} étape : oxydation de la pyrolusite, par le [dioxygène](#) de l'air, en présence de [potasse](#) :



2^{ème} étape : électrolyse de la solution de manganate (200 g/L), en présence de [KOH](#), à 60°C. Les ions MnO_4^{2-} sont oxydés, à l'anode, en ions MnO_4^- . Les anodes sont en [acier](#) recouvert de [Ni](#). Les cathodes, en acier, sont gainées d'un revêtement poreux (en [PVC](#), par exemple). La consommation est de 0,8 à 0,9 kWh/kg. Le permanganate est obtenu par cristallisation après refroidissement de la solution. La production mondiale est d'environ 40 000 t/an, la Chine étant un important exportateur. Le permanganate de potassium est un oxydant puissant, un bactéricide et un algicide. Il est utilisé dans la [purification de l'eau potable](#), le [traitement des eaux usées](#), la désodorisation des rejets d'usines ([peinture](#), conditionnement du poisson...).