

## Manganèse 2023

### Matières premières

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

### Minerais

On trouve le manganèse (Mn) dans les principaux minéraux suivants :

- la pyrolusite ( $MnO_2$ ),
- le psilomélane (oxyde hydraté),
- l'hausmannite ( $Mn_3O_4$ ),
- la rhodochrocite ( $MnCO_3$ ), exploitée au Ghana,
- la 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 supérieures à 44 % de Mn et 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.

En 2023, exprimé en Mn contenu, les minerais riches, avec une teneur  $\geq$  à 44 % de Mn, représentent 21 % de la production totale de minerais, les intermédiaires avec une teneur comprise entre 40 et 44 %, 20 % de la production, avec une teneur comprise entre 30 et 40 %, 48 % de la production, les pauvres, avec une teneur inférieure à 30 %, 11 % de la production.

Teneurs moyennes des minerais extraits dans les principaux pays producteurs :

% Mn			
Australie	37-53 %	Inde	10-54 %
Brésil	33-51 %	Kazakhstan	35-36 %
Chine	20-30 %	Malaisie	32-45 %
Gabon	45-53 %	Afrique du Sud	30-48 %
Ghana	28-34 %	Ukraine	30-35 %

Source : USGS

### Principales mines

en milliers de t de minerai produit			
Moanda (Gabon), en 2023	7 409	Hotazel et Wessels (Afrique du Sud), en 2022-23	4 748
Groote Eylandt (Australie), en 2023-24	3 873	Nchwaning et Gloria (Afrique du Sud), en 2023	4 272
Nsuta (Ghana), en 2019	5 380	Tshipi Borwa (Afrique du Sud), en 2022-23	3 340

Sources : rapports des sociétés

## Productions minières

Le production minière mondiale s'élevait, en 2023, à 20,6 millions de t de Mn contenu.

### Production minière de manganèse

*En 2023, en milliers de t de Mn contenu, sur un total mondial de 20,6 millions de t.*

Afrique du Sud	8 100	Ghana	800
Gabon	3 900	Brésil	800
Australie	3 000	Côte d'Ivoire	300
Inde	1 100	Ukraine	200
Chine	1 000	Birmanie	100

*Source : Eramet*

- En **Afrique du Sud**, les mines sont concentrées dans le bassin du Kalahari avec 22 mines en cours d'exploitation dont les principales sont les suivantes :
  - Les mines de Hotazel Manganese Mines (HMM), à ciel ouvert, de Mamatwan et souterraine de Wessels qui sont exploitées à 44,4 % par [South32](#) et 29,6 % par [Anglo American](#) qui ont produit, en 2023-24, 4,499 millions de t de minerai, avec des réserves prouvées et probables de 93 millions de t renfermant 39,4 % de Mn.
  - Les mines souterraines de Nchwaning et Gloria exploitées par [Assmang](#), société détenue moitié-moitié par [Assore](#) et [African Rainbow Minerals](#) (ARM) avec, en 2023, une production de 4,272 millions de t de minerai et des réserves prouvées et probables de 278 millions de t renfermant 40,4 % de Mn.
  - La mine de Thembeka Myedi exploitée souterrainement par [Kalagadi Manganese](#), avec une production de 3 millions de t/an.
  - La mine de Tshipi Borwa, à ciel ouvert, exploitée par [Tshipi é Ntle Manganese Mining](#) détenu à 50,1 % par Ntsimbintle Mining ([Ntsimbintle Holding](#) 74 % – [OM Holding](#) 26 %) et 49,9 % par le groupe australien [Jupiter Mines](#) avec une production, en 2022-23, de 3,337 millions de t et des réserves prouvées et probables de 78 millions de t renfermant 35,64 % de Mn.
  - La mine de Farm Perth exploitée par [United Manganese of Kalahari](#) (UMK) détenu à 51 % par Majestic Silver Trading et 49 % par le groupe russe Renova, possède des réserves de 112 millions de t.
  - La mine de Farm York exploitée par [Kudumane Manganese Resources](#) détenu à 49 % par le groupe [Asia Minerals](#) avec une capacité de production de 2 millions de t/an.
- Au **Gabon**, la principale mine de manganèse est celle de Moanda, exploitée par [Comilog](#) (Compagnie minière de l'Ogooué), filiale à 63,71 % d'[Eramet](#) avec une participation de 28,7 % de l'État gabonais, qui produit un minerai de teneur élevée, comprise entre 45 et 50 % avec une moyenne de 46 %. 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 648 km par le Transgabonais (dont Comilog possède la concession pendant 30 ans depuis 2005) jusqu'au port d'Owendo, près de Libreville. La production, en 2023, est de 7,409 millions de t de minerai. La France, les États-Unis et le Japon sont les principaux importateurs du manganèse gabonais dont la plus grande partie est utilisée sous forme de ferroalliage. Les

réserves prouvées et probables sont, au 1<sup>er</sup> janvier 2024, de 250 millions de t de minerai à 44,3 % de Mn.

D'autres mines sont exploitées en collaboration avec des groupes indiens pour [Nouvelle Gabon Mining](#) (NGM), associant l'État gabonais au groupe indien Coalsale, ou des groupes chinois comme la Compagnie Industrielle des Mines de Hangzhou.

- En **Australie**, 3 mines sont en activité jusqu'en 2022, puis 2 ensuite :

Carte des gisements de manganèse et des mines en activité au 31 décembre 2019 (Source : [Geoscience Australia](#))



- La principale mine exploitée est celle de Groote Eylandt, dans le Territoire du Nord qui est, après Moanda au Gabon, la deuxième mine de manganèse à haute teneur, la plus importante au monde. Elle est exploitée, à ciel ouvert, par GEMCO, joint venture entre [South32](#) (ex BHP Billiton) 60 % et [Anglo American](#) 40 %. En 2023-24, la production est de 3,873 millions de t. Les réserves prouvées et probables sont de 52 millions de t renfermant 42,2 % de Mn.
- [Ningxia Tianyuan Manganese Industry](#) (TMI) a acquis, en mai 2017, la société australienne [Consolidated Minerals Ltd \(Consmine\)](#) qui possède, la mine à ciel ouvert de Woodie Woodie située dans la région de Pilbara, en Australie de l'Ouest avec une capacité de production de 1,5 million de t/an et des réserves de 21,8 millions de t de minerai à 30,2 % de Mn.
- La société malaise [OM Holding](#) exploite la [mine de Bootu Creek](#) dans le Territoire du Nord. En 2021, la production a été de 854 487 t de minerai renfermant 28,42 % de Mn. La production a cessé le 13 décembre 2021.

- Au **Ghana**, la mine de Nsuta est exploitée par le groupe chinois [Ningxia Tianyuan Manganese Industry](#) (TMI) qui a acquis, en mai 2017, la société [Ghana Manganese Company](#) détenue à 90 % par le groupe australien [Consolidated Minerals Ltd \(Consmin\)](#) avec une production, en 2019, de 5,38 millions de t d'un minerai de carbonate de manganèse avec une teneur de 26,9 % de Mn et des réserves de 46,9 millions de t de minerai renfermant 27,9 % de Mn.

## Principaux producteurs

En 2023, les principaux producteurs étaient, en parts de la production mondiale :

<a href="#">South32</a>	19 %	Revona (Russie)	4 %
<a href="#">Eramet</a>	14 %	<a href="#">AML</a>	3 %
<a href="#">Assmang Ltd</a>	9 %	<a href="#">NGM</a>	3 %
<a href="#">Jupiter Mines</a>	6 %	<a href="#">MOIL</a>	3 %
<a href="#">TMI</a>	6 %	Privat (Ukraine)	2 %

Source : Eramet

- [South32](#) (ex BHP Billiton) : a produit, en 2023-24, 4,499 millions de t de minerai dont 2,324 millions de t en Australie et 2,175 millions de t en Afrique du Sud. Possède 60 % de la société Samancor Manganese (avec 40 % pour Anglo American) qui détient, en Afrique du Sud, 74 % de la mine à ciel ouvert de Mamatwan et de la mine souterraine de Wessels dans le bassin du Kalahari. Possède, en Australie, 60 % (avec 40 % pour le groupe Anglo American) de la mine de Groote Eyland.
- [Eramet](#) (Gabon) : a produit 7,409 millions tonnes de minerai, en 2023, dans la mine de Moanda.
- [Assmang Ltd](#) (Afrique du Sud) détenu à 50 % par [African Rainbow Minerals](#) (ARM) et 50 % par [Assore](#) a produit 4,272 millions de t de minerai, en 2023.
- La mine de Tshipi Borwa, à ciel ouvert, exploitée par [Tshipi é Ntle Manganese Mining](#) détenu à 50,1 % par Ntsimbintle Mining ([Ntsimbintle Holding](#) 74 % – [OM Holding](#) 26 %) et 49,9 % par le groupe australien [Jupiter Mines](#) avec une production, en 2022-23, de 3,340 millions de t et des réserves prouvées et probables de 84,5 millions de t renfermant 36,25 % de Mn.
- [Ningxia Tianyuan Manganese Industry](#) (TMI) a acquis, en mai 2017, la société australienne [Consolidated Minerals Ltd \(Consmin\)](#) qui possède, au Ghana, 90 % de la société Ghana Manganese Company qui exploite un gisement de carbonate de manganèse dans la mine de Nsuta avec des réserves de 46,9 millions de t de minerai renfermant 27,9 % de Mn et exploite la mine à ciel ouvert de Woodie Woodie située dans la région de Pilbara, en Australie de l'Ouest avec une capacité de production de 1,5 million de t/an et des réserves de 21,8 millions de t de minerai à 30,2 % de Mn.
- Le groupe russe Renova détient 49 % de la société [United Manganese of Kalahari](#) (UMK) avec 51 % pour Majestic Silver Trading, qui exploite la mine de Farm Perth avec des réserves de 112 millions de t.
- Le groupe [Asia Minerals Limited](#) (AML) détient 49 % de la société [Kudumane Manganese Resources](#) qui exploite la mine de Farm York avec une capacité de production de 2 millions de t/an.

- La société [Nouvelle Gabon Mining](#) (NGM), associant l'État gabonais au groupe indien Coalsale, exploite des gisements, au Gabon, dans la région de Franceville et d'Okondja avec une capacité de production de 2,4 millions de t/an, avec une teneur de 42 %. Les réserves sont estimées à 80 millions de t.
- [Manganese Ore Indian Limited](#) (MOIL), société étatique, exploite 11 mines, en Inde, dans les États de Madhya Pradesh et Maharashtra. En 2022-23, la production a été de 1,302 million de t de minerai.
- [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 2023, est de 3,671 millions de t de minerai.

### **Commerce international** : en 2023.

Les exportations ont porté sur un total de 81,180 millions de t de minerai ou concentrés avec comme principaux pays exportateurs :

en milliers de t de minerai			
Gabon	50 460	Brésil	1 449
Afrique du Sud	22 127	Côte d'Ivoire	892
Australie (estimation)	6 000	Malaisie	359
Ghana	4 975	Kazakhstan	157

*Source : ITC*

Les exportations gabonaises sont destinées à :

- 38 % à la Chine,
- 36 % à la France,
- 13 % à l'Inde,
- 7 % à la Norvège.

Principaux pays importateurs sur un total de 42,244 millions de t :

en milliers de t de minerai			
Chine	31 353	Malaisie	516
Inde	5 524	Indonésie	423
Norvège	993	France	289
Japon	915	États-Unis	245
Corée du Sud	786	Bangladesh	203

*Source : ITC*

Les importations chinoises proviennent à :

- 47 % d'Afrique du Sud,
- 17 % d'Australie,
- 15 % du Gabon,
- 10 % du Ghana.

### **Réserves**

Les réserves mondiales de minerais riches (Mn > 44 %) étaient, en 2022, de 1 700 millions de t.

## Réserves de minerais de manganèse

En 2023, en milliers de t de Mn contenu, sur un total mondial de 1,9 milliard de t.

Afrique du Sud	600 000	Gabon	61 000
Australie	500 000	Inde	34 000
Chine	280 000	Ghana	13 000
Brésil	270 000	Kazakhstan	5 000
Ukraine	140 000	Mexique	5 000

Source : USGS

L'Afrique du Sud possède le gisement de manganèse le plus important au monde. Il est situé dans le désert du Kalahari, dans la région d'Hotazel, dans la province du Cap du Nord. Il couvre une superficie de plus de 1 100 km<sup>2</sup>. C'est un dépôt sédimentaire, formé entre 2,2 et 2,6 milliards d'années, constitué de 3 couches riches en manganèse, les teneurs sont comprises entre 20 et 48 % de Mn, situé entre 30 et 110 m de profondeur. La première couche a 10 m d'épaisseur en moyenne, la seconde 0,5 à 3 m et la troisième, de 6 à 45 m, cette dernière étant la plus exploitée. Ces couches sont séparées par des couches de minerais de fer dénommées BIF (Banded Iron formation). Ce gisement a été découvert en 1906 et commencé à être exploité à compter de 1942. Il a été exceptionnellement préservé de l'érosion.

**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

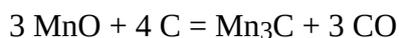
Des minerais de manganèse sont directement utilisés en [sidérurgie](#) ou dans le cas de la pyrolusite dans les piles sèches (voir plus loin) mais, le plus souvent, les minerais sont réduits pour donner des ferromanganèse et ferrosilicomanganèse. Le manganèse métallique n'a pas d'utilisation finale hors comme élément d'alliages.

## Ferroalliages

Il existe deux méthodes pour obtenir des ferromanganèse et ferrosilicomanganèse, avec une part de plus en plus importante de la production à l'aide de fours électriques :

**Dans un haut fourneau** (7 % de la production), principalement en Chine.

La métallurgie du manganèse s'apparente à celle de la fonte, sauf que la réduction de MnO (oxyde stable au-dessus de 1 200°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 au fer.

- 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** (93 % de la production).

Le ferromanganèse est obtenu en chauffant un mélange de minerai de manganèse renfermant de l'oxyde de manganèse  $MnO_2$  avec de l'oxyde de fer (III)  $Fe_2O_3$  et du carbone. Cette filière permet également, avec l'ajout de silice, l'obtention :

- du ferrosilicomanganèse : composition moyenne : Mn : 65-68 %, Si : 16-21 %, Fe : 10 %, C : 1,5-2 %.
- du ferromanganèse suraffiné (à bas carbone) : Mn de 80 à 90 %, C : ~ 0,1 %. Il est produit à partir de ferrosilicomanganèse.

### **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 inférieure à 0,02 %. L'utilisation de l'aluminothermie pour l'obtention du métal est réalisée en Ukraine.

**Procédé hydrométallurgique employé par Comilog à Moanda, au Gabon** : le minerai étant constitué principalement de dioxyde de manganèse,  $MnO_2$ , qui n'est pas soluble dans l'[acide sulfurique](#) employé, en général, dans les procédés hydrométallurgiques, il est nécessaire de le réduire pour former  $MnO$  qui est soluble. Cette réduction est réalisée après ajout de [coke](#), dans un four électrique tournant, à 950°C. La dissolution du minerai réduit est effectuée par lixiviation dans l'acide sulfurique. Une première purification par neutralisation et passage en milieu basique permet d'éliminer, au travers d'un filtre-pressé, sous forme d'hydroxydes, le fer et l'aluminium présents en solution. Une deuxième purification, concernant les autres ions métalliques,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ , présents en plus faible quantité, est réalisée par sulfuration, précipitation des sulfures correspondants et nouvelle filtration dans un filtre-pressé. La solution de sulfate de manganèse purifiée est électrolysée sous un courant de 30 000 A à l'aide de 140 cuves d'électrolyse, comportant chacune 40 cathodes en [acier inoxydable](#) et 41 anodes. Toutes les 32 heures, les cathodes sont déchargées et le métal déposé récupéré sous forme de « flakes » de 2 à 3 mm d'épaisseur avec une pureté de 99,7 % de Mn. En septembre 2020, cette production a été arrêtée et l'oxyde de manganèse produit vendu pour des applications agricoles, d'alimentation animale ou de batteries. La capacité de production est de 46 000 t/an et la production, en 2022, de 7 000 t.

### **Recyclage**

Le manganèse contenu dans les ferrailles est recyclé avec ces dernières. Le dioxyde de manganèse des piles est également, en partie, recyclé.

### **Production d'alliages de manganèse**

Cette production est directement liée à celle de l'[acier](#), la consommation moyenne de manganèse étant, en 2023, de 6 à 7 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

Ferrosilico-manganèse : en 2023, la production mondiale est de 17,9 millions de t. avec la répartition suivante :

en %

Chine	71 %	Ukraine	1 %
Inde	12 %	Kazakhstan	1 %
Russie	3 %	Brésil	1 %
Malaisie	2 %	Géorgie	1 %
Norvège	2 %	Corée du Sud	1 %

Source : *IMnI*

Ferromanganèse carburé : en 2023, la production mondiale est de 3,8 millions de t avec la répartition suivante :

en %

Chine	39 %	Corée du Sud	4 %
Inde	25 %	France	2 %
Malaisie	8 %	Iran	2 %
Japon	7 %	Brésil	2 %
Russie	4 %	Norvège	2 %

Source : *IMnI*

Ferromanganèse affiné : en 2023, la production mondiale est de 1,4 million de t avec la répartition suivante :

en %

Chine	47 %	Afrique du Sud	3 %
Norvège	16 %	États-Unis	3 %
Inde	10 %	Mexique	2 %
Japon	8 %	Vietnam	1 %
Corée du Sud	7 %	Brésil	1 %

Source *IMnI*

En 2021, la production de l'Union européenne, principalement en France, Espagne et Slovaquie est de 381 000 t dont 194 000 t de ferrosilicomanganèse, 187 000 t de ferromanganèse. Par ailleurs, en Europe, la production de la Norvège est importante avec, en 2021, 610 000 t.

Métal : en 2023, la production mondiale est de 1,241 million de t, réalisée à 93 % en Chine, par électrolyse.

La production de manganèse métal (EMM) est très majoritairement réalisée en Chine. Les autres pays producteurs sont l'Afrique du Sud, avec [Manganese Metal Company](#), l'Indonésie avec Qingshan et l'Ukraine avec [Zaporozhye](#), ce pays ayant cessé toute production avec l'invasion russe.

## Commerce international

Il a porté, en 2022, sur 3,493 millions de t de ferrosilicomanganèse, en 2021, sur 1,196 million de t de ferromanganèse carburé et sur 465 422 t, en 2022, de ferromanganèse affiné.

Principaux pays exportateurs, en 2023 :

- Inde : 1 232 414 t, en 2022, de ferrosilicomanganèse, 106 019 t, en 2022, de ferromanganèse affiné.
- Ukraine : 332 387 t de ferrosilicomanganèse, 3 105 t de ferromanganèse carburé, 209 t de ferromanganèse affiné.
- Malaisie : 284 600 t de ferrosilicomanganèse, 273 780 t de ferromanganèse carburé.
- Afrique du Sud : 69 932 t de ferrosilicomanganèse, 323 611 t de ferromanganèse carburé, 46 135 t de ferromanganèse affiné.
- Norvège : 280 858 t de ferrosilicomanganèse.
- Géorgie : 228 577 t de ferrosilicomanganèse, en 2022.

Principaux pays importateurs : en 2023 :

- États-Unis : 280 649 t de ferrosilicomanganèse, 201 845 t de ferromanganèse carburé, 116 997 t de ferromanganèse affiné.
- Allemagne : 181 103 t de ferrosilicomanganèse, 104 993 t de ferromanganèse carburé, 43 845 t de ferromanganèse affiné.
- Japon : 227 976 t de ferrosilicomanganèse, 64 415 t de ferromanganèse carburé, 3 192 t de ferromanganèse affiné.
- Turquie : 239 694 t de ferrosilicomanganèse, 53 649 t de ferromanganèse carburé, 36 522 t de ferromanganèse affiné.
- Russie, en 2022 : 135 865 t de ferrosilicomanganèse, 4 740 t de ferromanganèse carburé, 2 877 t de ferromanganèse affiné.

## Producteurs

Les principaux producteurs, hors producteurs chinois, sont les suivants :

- [Eramet](#) a produit, en 2023, 644 000 t d'alliages de manganèse dont 238 000 t de silicomanganèse, 61 000 t de ferroalliages carburés, 336 000 t de ferroalliages affinés et 9 000 t d'oxyde MnO. La production a été réalisée dans des fours électriques. La production est effectuée en France à Dunkerque (70 000 t/an de silicomanganèse), en Norvège à Porsgrunn (170 000 t/an), Saouda (220 000 t/an) et Kvinesdal (165 000 t/an), aux États Unis à Marietta (120 000 t/an) et depuis 2015, au Gabon à Moanda avec 65 000 t/an de silicomanganèse et 46 000 t/an d'oxyde de manganèse. La production de métal à Moanda a été arrêtée en septembre 2020.
- [Ferroglobe](#), après le rachat, en 2017, des activités de [Glencore](#) dans le ferromanganèse qui elle même avait acquis, en 2012, des activités européennes de Vale dans les alliages de manganèse, a vendu, en 2023, 227 243 t d'alliages de manganèse avec des capacités de 289 500 t/an de ferrosilicomanganèse et de 272 000 t/an de ferromanganèse à Grande-Synthe, près de Dunkerque, en France, Mo I Rana, en Norvège, Cee et Boo, en Espagne.
- [Assmang Ltd](#) (Afrique du Sud) détenu à 50 % par [African Rainbow Minerals](#) (ARM) et 50 % par [Assore](#) a produit, en 2023, 425 000 t de ferromanganèse dont 253 000 à Sakura et 172 000 t à Cato Ridge.
- [OM Holding](#), société malaise, a produit, en 2023, 294 432 t d'alliages de manganèse en Malaisie à Samalaju, dans l'État de Sarawak (nord de l'île de Bornéo).
- Le groupe indien [GFG Alliance](#) a acquis, en 2020, l'usine TEMCO à Bell Bay, en Tasmanie (Australie) auprès de [South32](#) et Anglo American.

- [Compania Minera Autlan](#) (Mexique) possède une capacité de production de 231 000 t/an d'alliages, dans 3 usines, Tamós, dans l'État de Veracruz, avec 144 000 t/an, Teziutlán, dans l'État de Puebla, avec 54 000 t/an et Gómez Palacio, dans l'État de Durango, avec 33 000 t/an. La production, en 2022, a été de 232 400 t d'alliages.
- [Manganese Metal Company](#) (Afrique du Sud) produit du manganèse métal par voie électrolytique (MMC) à 99,9 % de pureté dans son usine de Nelspruit, avec une capacité de production est 28 000 tonnes par an.

## Situation française

### Production et commerce extérieur

#### Minerai

En 2023.

Pas de production minière, mais la société française [Eramet](#), deuxième producteur mondial de minerai de manganèse avec sa filiale à 63,71 %, Comilog, exploite le gisement de Moanda au Gabon. La production est de 7,409 millions de tonnes de minerai, en 2023.

- Exportations : 67 179 t vers la Norvège à 79 %, l'Allemagne à 5 %, la Belgique à 5 %.
- Importations : 351 245 t du Gabon à 52 %, d'Afrique du Sud à 45 %.

#### Alliages de manganèse et manganèse

La France est un producteur de ferromanganèses et ferrosilicomanganèse.

Productions, en 2021 : 68 000 t de ferrosilicomanganèse et 108 000 t de ferromanganèse carburé.

#### Commerce extérieur

En 2023.

Ferrosilicomanganèse :

- Exportations : 39 687 t vers l'Allemagne à 82 %, la Belgique à 6 %, la Pologne à 4 %, le Royaume Uni à 4 %.
- Importations : 50 637 t de Norvège à 44 %, d'Italie à 33 %, de Géorgie à 3 %.

Ferromanganèse carburé :

- Exportations : 64 130 t vers l'Allemagne à 31 %, la Norvège à 16 %, la Slovaquie à 12 %, les Pays Bas à 10 %, le Royaume Uni à 8 %.
- Importations : 20 510 t de Malaisie à 52 %, du Brésil à 18 %, d'Inde à 5 %.

Ferromanganèse affiné :

- Exportations : 348 t vers le Maroc à 32 %, la Suède à 25 %, l'Allemagne à 14 %, la Turquie à 11 %.
- Importations : 14 628 t de Norvège à 54 %, d'Afrique du Sud à 24 %, du Royaume Uni à 7 %.

Manganèse :

- Exportations : 175 t vers l'Italie à 38 %, l'Allemagne à 27 %, les Pays Bas à 12 %, la Serbie à 8 %.

- Importations : 7 297 t de Chine à 57 %, d'Allemagne à 14 %, d'Espagne à 13 %, d'Afrique du Sud à 6 %.

Oxyde de manganèse MnO :

- Exportations : 9 199 t vers le Danemark à 36 %, la Belgique à 17 %, l'Allemagne à 13 %, le Koweït à 8 %.
- Importations : 11 991 t d'Inde à 34 %, de Corée du Sud à 14 %, de Géorgie à 13 %, d'Afrique du Sud à 10 %, de Norvège à 9 %.

## Producteurs

### Eramet :

- Extrait, avec sa filiale Comilog, du minerai au Gabon dans la mine de Moanda. C'est le 2<sup>ème</sup> producteur mondial de minerai de haute teneur avec, en 2023, une production de 7,409 millions de tonnes.
- Produit des alliages de manganèse : c'est le 2<sup>ème</sup> producteur mondial d'alliages de manganèse pour la sidérurgie, voir ci-dessus. La production française est réalisée à Dunkerque avec 70 000 t/an de ferrosilicomanganèse.
- Recycle, avec sa filiale Valdi, le dioxyde de manganèse de piles dans la fabrication de ferroalliages, en France, à Feurs (42).

**Ferroglobe**, après avoir acquis, en novembre 2017, les activités de **Glencore** dans le ferromanganèse, 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 capacités de production de ferroalliages de manganèse sont de 140 000 t/an.

## Utilisations

### Consommations

**Sous forme de minerai** : dans le monde, en 2013, 18,2 millions de tonnes de Mn contenu dans des minerais, soit le 4<sup>ème</sup> métal le plus utilisé après le fer, l'aluminium et le cuivre, devant le zinc. Par pays :

en milliers de tonnes			
Chine	10 830	Russie	508
Inde	1 346	Japon	477
Ukraine	753	Norvège	451
Corée du Sud	619	États-Unis, en 2021	390

Source : RPA, « *Manganese, The Global Picture – A Socio Economic Assessment* »

En 2019, la consommation mondiale d'alliages est de 17,1 millions de t dont 18 millions de t de ferrosilicomanganèse, 4,5 millions de ferromanganèse carburé et 1,4 million de t de ferromanganèse affiné.

En 2012, la consommation de l'Union européenne, en Mn contenu dans les minerais, est de 462 200 t.

**Sous forme d'alliages** : en 2014, la consommation a été de 20,0 millions de t d'alliages dont 13,2 millions de t de ferrosilicomanganèse, 5,0 millions de t de ferromanganèse carburé et 1,9 million de t de ferromanganèse affiné. Par pays et type d'alliage, en 2013 :

	en milliers de t de Mn contenu			
	Total	Silicomanganèse	Ferromanganèse carburé	Ferromanganèse affiné
Total	19 314	13 262	4 265	1 687
Chine	11 813	8 988	4 265	852
Inde	1 151	794	304	53
Japon	903	310	456	137
États-Unis, en 2021	560	96	294	20 de métal

Source : RPA, « *Manganese, The Global Picture – A Socio Economic Assessment* »

En 2012, la consommation de l'Union européenne est de 1,488 million de t d'alliages dont 872 100 t de ferrosilicomanganèse, 442 600 t de ferromanganèse carburé et 173 400 t de ferromanganèse affiné.

### Secteurs d'utilisation

En 2023.

Sidérurgie 90 % Autres 10 %

Source : Eramet

**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 à 7 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 contiennent de 1 à 1,8 % de Mn, 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 aiguillages 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.

## Autres utilisations

Dans les métallurgies non ferreuses, les piles, l'agriculture, les catalyseurs, les céramiques, la 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. Ce sont les alliages de la série 3000 avec de 0,8 à 1,5 % de Mn.

**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.

**Piles et batteries** : 3<sup>ème</sup> débouché important du manganèse (sous forme d'oxyde). Dans les piles salines ou alcalines, MnO<sub>2</sub> 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<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, il évite la formation, par électrolyse, de H<sub>2</sub> qui formerait autour de l'électrode + une couche isolante et ainsi polariserait et arrêterait la pile. Dans le cas des piles salines cylindriques, l'axe de la pile est constitué d'un crayon de graphite plongeant dans l'aggloméré MnO<sub>2</sub>-carbone. Le pôle -, en **zinc**, constitue le boîtier.

Le dioxyde de manganèse utilisé doit être actif électrochimiquement. Pour cela, il doit être constitué de MnO<sub>2</sub> de structure alpha ou gamma, à des teneurs de 75-95 %, et contenir des ions Mn<sup>4+</sup>, Mn<sup>3+</sup>, des groupements acides et de l'eau. MnO<sub>2</sub> 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 bêta) qui n'est pas active mais peut être rendue active (dioxyde AMD).

En France, la consommation d'**énergie** provenant de piles est de 2 à 3.10<sup>6</sup> kWh (les centrales électriques thermiques et hydrauliques fournissent près de 5.10<sup>11</sup> kWh).

Les capacités mondiales de production d'oxyde EMD sont, en 2019, de 604 000 t/an avec, par pays, en 2015 :

	en t/an	
Chine, en 2019	452 000 t/an	Espagne 11 000 t/an
États-Unis	70 500 t/an	Colombie 6 000 t/an
Japon	33 000 t/an	Inde 1 000 t/an
Grèce	26 000 t/an	

Source : Li Tongqing, 6<sup>th</sup> International Forum of Mn Electrolytic Products, mars 2016, Nanning, China

En 2019, la production est de 455 228 t dont 373 500 t en Chine.

Pour l'ensemble des types d'oxydes, le commerce international a porté, en 2020, sur 348 704 t.

Les exportations de la Chine sont de 61 904 t, celle de l'Afrique du Sud de 49 361 t, de la Birmanie de 41 495 t, de l'Inde de 28 637 t.

Les principaux pays importateurs sont la Namibie avec 45 084 t, l'Inde avec 25 203 t, les États-Unis avec 23 881 t, l'Indonésie avec 22 352 t, Singapour avec 16 093 t, la France avec 14 212 t.

L'oxyde EMD est utilisé, en 2019, à 63 % dans des piles alcalines, 20 % dans des piles salines, et 17 % dans des batteries lithium oxyde de manganèse (LMO).

**Agriculture** : dans ce secteur, où il est indispensable en particulier à la photosynthèse, le manganèse est employé sous forme de sulfate  $\text{MnSO}_4$ . La production mondiale, en 2019, de ce dernier, est de 541 500 t dont 373 500 t en Chine et 90 000 t en Inde, pour une capacité de production mondiale de 890 000 t/an par 33 producteurs dont 21 en Chine et 5 en Inde. Il est destiné à 83 % à l'agriculture et à 17 % à un emploi dans des piles.

**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.

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

1<sup>ère</sup> étape : oxydation de la pyrolusite, par le [dioxygène](#) de l'air, en présence d'[hydroxyde de potassium](#) :



2<sup>ème</sup> étape : électrolyse de la solution de manganate (200 g/L), en présence de KOH, à 60°C. Les ions  $\text{MnO}_4^{2-}$  sont oxydés, à l'anode, en ions  $\text{MnO}_4^-$ . 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...).