

MANGANESE 2013

MATIÈRES PREMIÈRES :

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

Minerais : pyrolusite (MnO₂), psilomélane ([oxyde hydraté](#)), haussmannite (Mn₃O₄), rhodochrosite (MnCO₃), rhodonite (MnSiO₃).

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 2013, en milliers de t de Mn contenu dans les minerais. Monde : 18,2 millions de t de Mn contenues dans 55,4 millions de t de minerai (en 2011).

Afrique du Sud	4 434	Inde	750
Australie	3 237	Ghana	521
Chine	1 705	Ukraine	448
Gabon	1 663	Kazakhstan	351
Brésil	916	Mexique	189

Source : Eramet et IMnI

Dans l'Union européenne, une seule mine est exploitée, à Tsarkva, en Bulgarie, par [Euromangan AD](#), avec, en 2011, une production de 148 000 t de minerai à 27-29 % de Mn contenu soit 41 600 t de Mn.

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 %. La production est de 4,776 millions de t, en 2013-14.

- En Afrique du Sud : dans le bassin du Kalahari avec les mines, à ciel ouvert de Mamatwan et souterraine de Wessels exploitées par [BHPBilliton](#), 44,4 % et Anglo American 29,6 %, les mines souterraines de Nchwaning et Gloria exploitées par [Assmang](#), la mine de Hotazel exploitée par [United Manganese of Kalahari](#) (détenu à 51 % par Majestic Silver Trading et 49 % par le groupe russe [Renova](#)).

En 2013-2014, de nouvelles mines entrent en exploitation : Thembeke Myedi exploitée souterrainement par [Kalagadi Manganese](#) détenu à 50 % par ArcelorMittal avec une production prévue de 3 millions de t/an, Tshipi Borwa, à ciel ouvert, exploitée par [Tshipi é Ntle Manganese Mining](#) détenue à 50,1 % par Ntsimbintle NewCo et 49,9 % par le groupe australien [Jupiter Mines](#) avec une production, en 2013-14, de 1 million de t et à terme une production prévue de 2,5 millions de t/an, Hotazel, à ciel ouvert, par Kudumane Manganese Resources détenu à 49 % par le groupe japonais [Asia Minerals](#) avec 1,5 million de t en 2013 et prévu pour 2015, 3 millions de t/an.

- Au Gabon, la mine de manganèse de Moanda, exploitée par Comilog (Compagnie minière de l'Ogooué), filiale à 63,7 % d'Eramet avec une participation de 28,7 % de l'Etat gabonais, 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 capacité de production est de 4 millions de t/an de minerai avec une production de 3,7 millions de t, en 2013. 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 réserves prouvées et probables sont de 185,7 millions de t de minerai à 44,4 % de Mn et 82,4 millions de t à 40,6 % de Mn..

- Au Brésil, à Carajas (état de Pará), en Amazonie, Vale exploite à ciel ouvert la mine Azul avec une production de 1,9 million de t de minerai, en 2013 et des réserves de 37,9 millions de t de minerai à 40,1 % de Mn.

Principaux producteurs :

- BHPBilliton (Australie) : 8,3 millions de t de minerai en 2013-14 dont 4,8 millions de t en Australie et 3,5 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. Le groupe vend 83 % de sa production, les 17 % restants étant utilisés en propre pour fabriquer des alliages de manganèse.

- Eramet (Gabon) : production de 3,7 millions tonnes de minerai, en 2013, dans la mine de Moanda.

- Assmang Ltd (Afrique du Sud) détenu à 50 % par ARM et 50 % par Assore : 3,4 millions de t de minerai, en 2013-14.

- Consolidated Minerals Ltd (Consmin) (Australie) : la production, en 2013, est 3,4 millions de t de minerai dont 1,6 millions de t dans la mine à ciel ouvert de Woodie Woodie située dans la région de Pilbara, en Australie de l'Ouest avec des réserves de 15,4 millions de t de minerai à 34 % de Mn et 1,8 million de t au Ghana avec 90 % de la société Ghana Manganese Company qui exploite la mine de Nsuta avec des réserves de 37,6 millions de t de minerai renfermant 27 % de Mn.

- 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 2013, est de 3,3 millions de t de minerai.

- Vale (Brésil) : 2,4 millions de t de minerai en 2013 avec la mine d'Azul, la mine à ciel ouvert de Morro da Mina dans l'état de Minas Gerais avec 0,1 million de t de production et des réserves de 14,4 millions de t de minerai renfermant 25,1 % de Mn et la mine souterraine d'Urucum, dans l'état du Mato Grosso do Sul avec une production de 0,4 million de t et des réserves de 11,6 millions de t renfermant 46,3 % de Mn.

- Compania Minera Autlan S.A.B of C.V (Mexique), produit, dans l'état d'Hidalgo, du minerai dans les mines de Molango et Naopa et du dioxyde naturel de manganèse, dans la mine de Nonoalco, destiné principalement aux piles. En 2013, la production est de 500 000 t de minerai et 13 000 t de dioxyde de manganèse naturel.

Commerce international : en milliers de t de minerai, en 2012, avec un total de 21,7 millions de t. En 2013, il a porté sur 18,2 millions de t.

Principaux pays exportateurs :

Afrique du Sud	7 120	Brésil	1 660
Australie	6 290	Ghana	1 540
Gabon	2 710	Malaisie	910

Source : IMnl

Principaux pays importateurs :

Chine	12 380	Norvège	1 070
Inde	2 370	Ukraine	730
Corée du Sud	1 270	France	560
Japon	1 150	Etats-Unis	510

Source : IMnl

Les importations chinoises proviennent, en 2013, à 31 % d'Afrique du Sud, 29 % d'Australie, 10 % du Ghana, 9 % du Brésil, 7 % du Gabon.

Réserves de minerais riches (Mn > 44 %) : en 2013, en milliers de t de Mn contenu. Monde : 570 millions de t.

Afrique du Sud	150 000	Inde	49 000
Ukraine	140 000	Chine	44 000
Australie	97 000	Gabon	24 000
Brésil	54 000	Mexique	5 000

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 manganeux 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. Le dioxyde de manganèse des piles est également, en partie, recyclé.

PRODUCTION D'ALLIAGES DE MANGANESE

Cette production est directement liée à celle de l'acier, la consommation moyenne de manganèse étant, en 2011, de 11,9 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 2011, en milliers de t d'alliages.

	Total	Silicomanganèse	Ferromanganèse carburé	Ferromanganèse affiné
Total	17 749	11 759	4 380	1 610
Union européenne	540	281	238	20
Chine	11 800 en 2013	7 469	1 960	815
Inde	1 736	1 296	400	40
Afrique du Sud	848	314	419	116
Ukraine	831	679	136	16
Norvège	604	266	140	198
Australie du Sud	563	191	209	163
Japon	505	49	333	123
Russie	297	150	147	0
Australie	273	95	178	0

Source : IMnI

En 2013, la production mondiale d'alliages de manganèse est de 17,5 millions de t dont 64 % de silicomanganèse, 25 % de ferromanganèse carburé et 11 % de ferromanganèse et silicomanganèse affinés. La production de l'Union européenne est 4,6 millions de t dont 2,67 millions de tonnes de silicomanganèse et 1,95 million de t de ferromanganèse.

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, en 2013 :

- Etats-Unis : 336 000 t de silicomanganèse, 259 000 t de ferromanganèse carburé, 71 000 t de ferromanganèse affiné.
- Allemagne : 168 000 t de silicomanganèse, 109 000 t de ferromanganèse carburé, 57 000 t de ferromanganèse affiné.
- Japon : 283 000 t de silicomanganèse, 117 000 t de ferromanganèse carburé, 26 000 t de ferromanganèse affiné.

Principaux pays exportateurs, en 2013 :

- Inde : 770 000 t de silicomanganèse, 68 000 t de ferromanganèse carburé.
- Afrique du Sud : 84 000 t de silicomanganèse, 467 000 t de ferromanganèse carburé, 94 000 t de ferromanganèse affiné.
- Norvège : 185 000 t de silicomanganèse, 85 000 t de ferromanganèse carburé, 211 000 t de ferromanganèse affiné.

Producteurs :

- Eramet a produit, en 2013, 750 000 t d'alliages de manganèse dont 267 000 t de silicomanganèse, 118 000 t de ferroalliages carburés et 366 000 t de ferroalliages affinés. 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 (165 000 t/an), Sauda (210 000 t/an) et Kvinesdal (165 000 t/an), aux Etats Unis à Marietta (120 000 t/an), en Chine à Guilin (165 000 t/an) et depuis 2014, au Gabon à Moanda avec 65 000 t/an de silicomanganèse et 20 000 t/an de manganèse métal.
- BHPBilliton : production, en 2013-14, de 646 000 t d'alliages de manganèse dont 377 000 t en Afrique du Sud et 269 000 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).
- Anglo American, a produit, en 2013, en Australie et Afrique du Sud, 251 100 t d'alliages dans les sociétés communes avec BHPBilliton.
- Compania Minera Autlan S.A.B of C.V (Mexique), a produit, en 2013, 216 000 t d'alliages, dans 3 usines, Tamós, Teziutlán et Gómez Palacio.
- Glencore, après le rachat, en 2012, des activités européennes de Vale dans les alliages de manganèse, a produit, en 2013, 191 000 t dont 99 000 t de ferromanganèse et 92 000 t de silicomanganèse, à Grande-Synthe, près de Dunkerque, en France et Mo I Rana, en Norvège.

- Vale : production de 175 000 t d'alliages de manganèse, en 2013, à Barbacena avec une capacité de production de 75 000 t/an et Ourao Preto (65 000 t/an) dans l'état de Minas Gerais et Simoes Filho (150 000 t/an) dans l'état de Bahia.

- 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 27 000 tonnes par an.

SITUATION FRANÇAISE en 2013 :

Minerai :

- 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 3,7 millions de tonnes de minerai.

- Importations de minerai : 572 042 t du Brésil à 64 %, d'Afrique du Sud à 19 %, du Gabon à 17 %.

- Exportations de minerai : 130 334 t vers la Corée du Sud à 67 %, la Géorgie à 10 %, la Russie à 7 %.

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

- Productions, en 2011 : 63 400 t de silicomanganèse et 130 500 t de ferromanganèse carburé.

- Importations de silicomanganèse : 40 434 t de Norvège à 27 %, des Pays Bas à 27 %, d'Afrique du Sud à 20 %.

- Importations de ferromanganèse carburé : 34 263 t de Norvège à 46 %, d'Afrique du Sud à 40 %.

- Importations de ferromanganèse affiné : 5 826 t d'Afrique du Sud à 30 %, de Corée du Sud à 18 %, d'Espagne à 17 %, de Belgique à 13 %.

- Exportations de silicomanganèse : 79 511 t vers l'Allemagne à 36 %, le Royaume Uni à 26 %, la Pologne à 14 %, le Luxembourg à 11 %.

- Exportations de ferromanganèse carburé : confidentielles.

- Exportations de ferromanganèse affiné : 412 t vers la Pologne à 21 %, l'Autriche à 17 %, la Suisse à 16 %.

Dioxyde de manganèse :

- Importations : 170 t d'Espagne à 46 %, de Belgique à 29 %, des Pays Bas à 8 %.

- Exportations : 245 t vers la Belgique à 99 %.

Producteurs :

Eramet :

- 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 2013, une production de 3,7 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. La production française est réalisée à Dunkerque avec 70 000 t/an de silicomanganèse.

- 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 dans le Maryland et New

Johnsonville dans le Tennessee, au Mexique à Tampico, en Belgique à Tertre, en Chine à Chongzuo. - Recycle, avec sa filiale Valdi, le dioxyde de manganèse de piles dans la fabrication de ferroalliages, en France, à Feurs (42).

Glencore, 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, 17,4 millions de tonnes de Mn contenu dans des minerais, soit le 4^{ème} métal le plus utilisé après le fer, l'aluminium et le cuivre, devant le zinc. En 2011, en milliers de t de Mn contenu sur un total mondial de 16 523 dont 521 pour l'Union européenne :

Chine	9 269	Japon	402
Inde	1 428	Kazakhstan	394
Ukraine	870	Russie	379
Afrique du Sud	736	Australie	289
Corée du Sud	598	Brésil	286
Norvège	459	Etats-Unis	282

Source : IMnI

Sous forme d'alliages : en 2013, la consommation a été de 19,3 millions de t d'alliages dont 12,1 millions de t de silicomanganèse, 4,4 millions de t de ferromanganèse carburé et 1,7 million de t de ferromanganèse affiné. En 2013, la consommation chinoise est de 11,8 millions de t. En 2011, en milliers de t d'alliages sur un total mondial de 17 785 dont 1 574 pour l'Union européenne :

Chine	10 242	Corée du Sud	378
Inde	999	Turquie	297
Japon	867	Italie	292
Etats-Unis	867	Brésil	233
Russie	502	Ukraine	233
Allemagne	385	Taiwan	233

Source : IMnI

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 11,9 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.

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 H₃O⁺, 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 MnO₂ de structure $\alpha\lambda\pi\eta\alpha$ ou gamma, à des teneurs de 75-95 %, et contenir des ions Mn⁴⁺, Mn³⁺, des groupements acides et de l'eau. MnO₂ 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 $\beta\tau\alpha$) 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 MnO₂-carbone. Le pôle -, en [zinc](#), constitue le boîtier.

En France, la consommation d'[énergie](#) provenant de piles est de 2 à 3 10⁶ kWh (les centrales électriques thermiques et hydrauliques fournissent près de 5 10¹¹ 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...).