

MAGNESIUM 2009

MATIÈRES PREMIÈRES :

La teneur en magnésium de l'écorce terrestre est de 2 %.

Celle de l'eau de mer est, en moyenne, de 1,3 kg/m³. Certaines mers ou lacs fermés en contiennent jusqu'à 35 kg/m³. Par exemple, la teneur du Grand Lac Salé (Utah, Etats-Unis) est, en masse, de 5 % en Mg alors que l'eau de mer, en contient, en moyenne, 0,13 %. Le magnésium de l'eau de mer ou des saumures est une source importante pour alimenter les activités industrielles. L'autre source est celle du magnésium présent dans des minerais.

Minerais : le magnésium est abondant et bien réparti dans le monde, il est présent dans plus de 60 minéraux, dont les plus importants sont :

- la magnésite ou giobertite : MgCO₃.
- la dolomite qui renferme de la dolomie (Ca,Mg)CO₃, avec une teneur de 38 % de MgO après calcination.
- la carnallite : KCl,MgCl₂,6H₂O, présente dans des gisements de potasse. Elle est utilisée, en particulier, comme source de magnésium dans les engrais.
- la brucite : Mg(OH)₂.

Production mondiale de magnésite exprimée en milliers de t de minerai, en 2009. Monde : 19 000, Union européenne : 2 450.

Chine	11 000	Russie	1 000
Turquie	2 000	Autriche	800
Corée du Nord	1 200	Slovaquie	800

Source : USGS

La magnésite et la dolomie peuvent être utilisées directement comme amendement agricole, charge pour peintures et matières plastiques, abrasif doux pour le polissage des métaux et dans les dentifrices, comme antiacide pour calmer les brûlures d'estomac.

Mais les minerais de magnésium et le chlorure extrait de l'eau de mer sont surtout utilisés pour produire de l'oxyde de magnésium MgO.

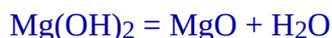
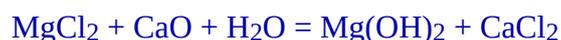
Oxyde de magnésium :

L'oxyde MgO s'obtient par calcination des carbonates à des températures qui sont comprises entre 700 et 2000°C en fonction de la qualité souhaitée de l'oxyde et donc de ses utilisations.



La dolomie calcinée entre 700 et 1000°C est utilisée comme pigment ou agent neutralisant, celle calcinée entre 1000 et 1500°C est utilisée comme amendement agricole et additif alimentaire pour le bétail, celle calcinée entre 1500 et 2000°C, dénommée "frittée" est utilisée comme matériau réfractaire.

Dans le cas des chlorures provenant de minerais ou d'eau de mer ou de saumures, on précipite un hydroxyde que l'on calcine en oxyde :



MgO est utilisé dans la métallurgie du magnésium mais également dans de nombreux autres domaines dans lesquels il est introduit sous forme d'oxyde ou de carbonates, ceux-ci étant transformés en oxyde lors de leur emploi :

- Amendement agricole : permet de relever le pH des sols acides, le pouvoir neutralisant de MgO est 1,4 fois celui de [CaO](#).
- [Verreries](#) : le verre peut contenir jusqu'à 4 % de MgO, MgO augmentant la résistance à l'eau et aux acides.
- Fondant sidérurgique : les agglomérés pour hauts fourneaux renferment environ 1,5 % de MgO soit de 20 à 25 kg de dolomie/t d'[acier](#).
- Produits réfractaires basiques : MgO est utilisé sous forme frittée ou fondue. Une grande partie de la production mondiale de MgO est destinée à la fabrication de produits réfractaires.
- Céramiques : dans les biscuits de faïence, les émaux et glaçures.

Productions : capacités de production de composés de magnésium, exprimées en MgO, obtenus à partir de magnésite, d'eau de mer ou de saumures, en milliers de t, en 2009. Monde : 9 760, Union Européenne : 1 475.

Chine	2 710	Slovaquie	465
Russie	2 500	Turquie	424
Etats-Unis	526	Brésil	392
Autriche	475	Japon	255

Source : USGS

Les capacités mondiales de production, exprimées en MgO, proviennent pour 8,410 millions de t, de minerais et pour 1,357 million de t, d'eau de mer ou de saumures.

Situation française : en 2009, de production de dolomie est estimée à 1,9 million de t.

- La société [Samin](#) exploite des gisements de dolomie à Chanac (48), Jas de Rhodes (13) et Tacon (01). La dolomie produite est destinées à diverses utilisations (amendements, sidérurgie, verreries...).
- Les [Carrières Iribarren](#) exploitent le gisement de dolomies du Poitou situé à Usson du Poitou (86). La dolomie produite est destinée aux amendements agricoles.
- Les groupes producteurs de chaux produisent aussi souvent de la dolomie, par exemple [Lhoist](#), et [Carmeuse](#).

MÉTALLURGIE : elle est réalisée selon 2 procédés (nous remercions la société [Morgo Magnesium Limited](#) pour nous avoir autorisé un accès aux schémas reproduits sur leur site Internet : voir ci-dessous) :

- Par électrolyse, en sel fondu, de $MgCl_2$ extrait de l'eau de mer ou de saumures selon les procédés : Dow, Norsk Hydro ou IG Farben

- Par réduction thermique de MgO selon les procédés : Pidgeon, Bolzano ou Magnétherm.

Électrolyse de $MgCl_2$: le procédé de Dow est le procédé le plus ancien.

Mg^{2+} contenu dans des solutions de chlorure de magnésium provenant soit d'eau de mer, soit de saumures, est précipité à l'aide de dolomie calcinée en $Mg(OH)_2$ qui est récupéré par filtration. L'hydroxyde est ensuite transformé en $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ par attaque chlorhydrique, puis déshydraté partiellement (en $MgCl_2 \cdot 1,5H_2O$) ou totalement pour alimenter les cuves à électrolyse.

L'électrolyte qui fond vers 720-780 °C a la composition suivante :

NaCl : 50-60 % CaCl₂ : 15 % MgCl₂ : 20-30 %

Les anodes sont en graphite. Dans le cas des cellules Dow, les anodes sont entourées par des cathodes en acier percées de déflecteurs dont la forme permet de guider le magnésium formé vers le pourtour de la cellule, à l'abri de l'oxydation. Le magnésium, liquide, surnage sur le mélange de sels fondu. La consommation énergétique est, en 2004, de 18 500 kWh/t, pour une production de 500 kg/j.

Réduction thermique par le silicium : selon divers procédés dont le procédé Magnétherm.

A de la dolomie calcinée est ajoutée de la bauxite (pour faciliter l'obtention d'un laitier liquide) et du ferrosilicium (à 78 % de Si). L'ensemble est placé dans un four électrique à sole conductrice et électrode fixe en graphite sous un vide de 6 kPa (afin d'éviter l'oxydation de Mg). La réduction a lieu vers 1600-1700°C. Le magnésium, à l'état de vapeur, est condensé et recueilli à l'état liquide dans un creuset relié au four par sa voûte. La charge est introduite de façon continue dans un laitier liquide (CaO : 58 %, SiO₂ : 25 %, Al₂O₃ : 13 %, MgO : 4 %). Le fonctionnement des fours est semi-continu : toutes les 18 heures, le laitier est évacué et le creuset plein récupéré. La consommation énergétique est de 10 000 kWh/t.

RECYCLAGE : le magnésium contenu dans les alliages d'aluminium est recyclé en même temps que ce métal. La production de magnésium de deuxième fusion provenant de chutes de fabrication neuves ou de métal récupéré est, en 2010, de 70 000 t aux Etats Unis, 700 t, en 2007, au Royaume Uni.

PRODUCTIONS : en 2010 en milliers de t. Monde : 760, pas de production primaire dans l'Union européenne.

Chine	650	Kazakhstan	20
Etats Unis	45 (estimation en 2008)	Brésil	16
Russie	40	Ukraine	2
Israël	30	Serbie	2

Source : USGS

En 2008, les exportations chinoises ont été de 298 000 t dont 91 000 t vers les Pays-Bas, 35 000 t vers le Japon, 35 000 t vers le Canada, 20 000 t vers les Etats Unis.

En 2008, les importations de l'Union européenne ont été de 170 000 t, celles des Etats Unis de 59 000 t, de la France de 11 548 t.

Principaux producteurs, en 2009, en capacités annuelles de production :

- [China Magnesium Corporation Ltd](#) (Chine) : 105 000 t.
- [Solikamsk Magnesium Works](#) (Russie) : 75 000 t.
- [US Magnesium LLC](#) (Utah, Etats Unis) est le seul producteur aux Etats Unis avec, à Rowley (Utah), une usine exploitant les saumures du Grand Lac Salé et produisant du magnésium par électrolyse : 45 000 t.
- [Israel Chemicals Ltd.](#) (Israël) : 35 000 t, exploite l'eau de la Mer Morte.
- "UKTMK"(Ust-Kamenogorsk Titanium-Magnesium Combine) (Kazakhstan) : 23 000 t.
- Zaporozhye Titanium-Magnesium integrated plant State Company (Ukraine) : 15 000 t.
- [Buschle & Lepper SA](#), (Brésil) : 12 000 t.
- [MG Serbian - Bela Stena Baljevac](#) (Serbie) : 5 000 t.

SITUATION FRANÇAISE : la production qui était réalisée par Pechiney Electrométallurgie à Marignac (31), avec 12 500 t/an, a cessé en juillet 2001.

- Importations : en 2010, 10 417 t, à 54 % de Chine, 12 % d'Israël, 11 % d'Allemagne, 11 % de Russie.

UTILISATIONS :

Consommations : en 2007, en milliers de t de Mg. Union européenne : 147 000 t.

Chine	346	France	11
Etats-Unis	72	Pologne	5
Canada	38		

Source : Annuaire Statistique des Minerais et des Métaux

Secteurs d'utilisation : répartition, en 2008, dans le monde occidental.

Alliages de Al	40 %	Sidérurgie	16 %
Fonderie	35 %	Autres	9 %

Source : Annuaire Statistique des Minerais et des Métaux

Utilisations diverses :

- Alliages d'aluminium : voir le chapitre consacré à l'[aluminium](#). Le magnésium entre dans la composition des alliages (série 5000) utilisés pour élaborer les [boîtes-boisson](#). Aux États Unis, une grande partie du magnésium utilisé est recyclé lors du recyclage de ces boîtes.
- Chimie : fabrication d'organomagnésiens.
- Métallurgie de Zr, [Ti](#), Be, Hf, [U](#) par réduction par magnésiothermie.
- Alliages de magnésium : utilisés en fonderie sous pression, à 70 % dans l'industrie automobile. Le plus utilisé G-A9Z1 (9 % [Al](#), 1 % [Zn](#), 0,5 % [Mn](#)). Utilisés également en aéronautique et, par exemple, pour fabriquer le corps de tailles crayons. Un cadre de bicyclette, en alliage de magnésium, ne pèse que 2,5 kg.
- Automobiles : le magnésium est utilisé afin de réduire le poids des véhicules et ainsi diminuer leur consommation en carburant. En 2009, la consommation est de 5 à 20 kg par véhicule. Actuellement,

il y a 14 kg de magnésium utilisé pour les VW Passat, Audi A4 et A6. Le concept car de Volvo utilise environ 50 kg de magnésium dans les roues, le châssis et les moteurs.

- Les coques des sièges, les accoudoirs et les tablettes des TGV à 2 étages sont, en 2^{ème} classe, en magnésium. Le siège en magnésium pèse 14 kg au lieu de 26 kg lorsqu'il était en aluminium.

- Le magnésium est utilisé pour fabriquer des cadres de téléphones portables.

Utilisé également dans :

- Le débismuthage du plomb.

- La nodulisation des fontes : le magnésium favorise les structures à graphite nodulaire sphéroïdal.

- La production de ferro-silico-magnésium.

- La désulfuration des fontes de hauts fourneaux, en concurrence avec le carbure de calcium.

- La pyrotechnie : Mg ou Al-Mg sous forme de poudres très fines.

- Les piles et anodes sacrificielles : l'utilisation comme anode sacrificielle représente 686 t, en 2009, soit 1,4 % de la consommation des Etats Unis.

- Les rubans de magnésium utilisés en chimie sont obtenus par fraisage de lingots ou tournage de billettes (cylindres de 30 à 50 cm de diamètre et plusieurs mètres de long).

- La réaction exothermique du magnésium avec l'eau est utilisée, en particulier par l'armée américaine, pour chauffer des rations de combat. En 15 minutes, une température de 60 °C est atteinte.