

## MAGNESIUM 2013

### MATIÈRES PREMIÈRES :

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

Celle de l'eau de mer est en moyenne de 1,3 kg/m<sup>3</sup> soit 0,13 %. Certaines mers ou lacs fermés en contiennent jusqu'à 35 kg/m<sup>3</sup>. Par exemple, la teneur du Grand lac salé dans l'Utah, aux Etats-Unis, est, en masse, de 5 % en magnésium. Le magnésium de l'eau de mer ou des saumures est une source importante pour alimenter les activités industrielles. Par exemple, aux Etats-unis, en 2013, elle est à l'origine de 69 % de la production du pays. 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 : MgCO<sub>3</sub>.
- la dolomite qui renferme de la dolomie (Ca,Mg)CO<sub>3</sub>, avec une teneur de 38 % de MgO après calcination.
- la carnallite : KCl,MgCl<sub>2</sub>,6H<sub>2</sub>O, présente dans des gisements de potasse. Elle est utilisée, en particulier, comme source de magnésium dans les engrais.
- la kiesérite : MgSO<sub>4</sub>,H<sub>2</sub>O, utilisée dans l'industrie des engrais.
- la brucite : Mg(OH)<sub>2</sub>.
- l'olivine : silicate de magnésium et de fer avec une composition comprise entre celle de la forstérite (Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) et celle de la fayalite (Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>). La qualité commercialisée comme source de magnésium renferme de 45 à 51 % de MgO et de 7 à 8 % de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Le principal producteur mondial est la Norvège.

En 2013, aux Etats-Unis, la production provient, exprimée en capacités annuelles de production d'équivalent en MgO :

- d'eau de mer à Chula Vista, en Californie par South Bay Salt Works avec 3 000 t/an,
- d'eau de mer à Lewes, dans le Delaware par SPI Pharma avec 5 000 t/an,
- de puits d'extraction de saumure à Manistee, dans le Michigan par Martin Marietta Magnesia Specialties avec 314 000 t/an,
- de lac salé à Ogden, dans l'Utah par Great Salt Lake Minerals avec 185 000 t/an,
- de lac salé à Wendover, dans l'Utah par Intrepid Potash avec 45 000 t/an.
- d'une carrière de magnésite à Gabbs, dans le Nevada par Premier Magnesia avec 140 000 t/an,
- d'une carrière d'olivine à Bellingham, dans l'état de Washington par Olivine Corp.

**Production mondiale de magnésite** exprimée en milliers de t de magnésium contenu, en 2013.  
Monde : 5 960.

Chine	4 000	Autriche	250
Russie	400	Slovaquie	200
Turquie	300	Corée du Nord	150

Source : USGS

**Réserves de magnésite** : en 2013, en millions de t de Mg contenu. Monde : 2 500.

Russie	650	Brésil	86
Chine	500	Grèce	80
Corée du Nord	450	Turquie	49
Australie	95	Slovaquie	35

Source : USGS

**Situation française :** en 2012, la production de dolomite est estimée à 1,9 million de t et les importations de 337 380 t.

- La société Samin exploite des gisements de dolomie à Chanac (48) et Jas de Rhodes (13). La dolomie produite est destinée 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 Lhoist, et Carmeuse font partie des premiers producteurs français de chaux et de dolomie, pour l'industrie, l'agriculture et l'environnement.

#### **Utilisations :**

La magnésite et la dolomite 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 et du magnésium.

#### **OXYDE DE MAGNESIUM :**

**Elaboration :** l'oxyde de magnésium MgO ou magnésie s'obtient à partir de la magnésite ou du chlorure obtenu à partir de minerais, d'eau de mer ou de saumures.

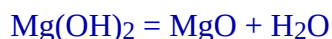
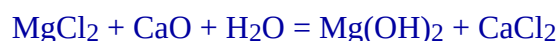
La calcination des carbonates donne de l'oxyde magnésium à des températures qui sont comprises entre 700 et 2800°C en fonction de la qualité souhaitée de l'oxyde et donc de ses utilisations.



- Un chauffage compris entre 700 et 1000°C donne de la magnésie caustique destinée principalement à fabriquer la magnésie fondue et au traitement des eaux usées.
- Un chauffage compris entre 1500 et 2000°C donne de la magnésie "grillée à mort" destinée à l'industrie des produits réfractaires.
- Un chauffage supérieur à 2800°C donne de la magnésie fondue, avec une teneur supérieure à 97 % de MgO, destinée à la fabrication d'isolants électriques et de pièces réfractaires pour moteurs et tuyères de fusées.

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, d'eau de mer ou de saumures, on précipite un hydroxyde que l'on calcine en oxyde :



**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 2012. Monde : 11 583, Union Européenne : 1 816.

Chine	4 180	Turquie	484
Russie	2 550	Slovaquie	465
Etats-Unis	526	Autriche	401
Brésil	488	Australie	328

Source : USGS

Les capacités de production, exprimées en MgO, proviennent pour 10,360 millions de t, de minerais et pour 1,223 million de t d'eau de mer ou de saumures.

En 2012, la production des Etats-Unis est de 250 000 t de MgO contenu pour une consommation de 472 000 t. 53 % de la production est destinée à l'industrie des produits réfractaires.

En 2013, le groupe français Roullier a acquis 50 % de la société brésilienne Magnesium do Brasil qui avec 2 mines de magnésite, à Jucas et pitombeiros dans l'état de Ceara, possède une capacité de production de 20 000 t/an de magnésie caustique.

**Utilisations** : MgO est utilisé principalement pour élaborer des produits réfractaires mais aussi dans de nombreux autres domaines dont la métallurgie du magnésium.

- Produits réfractaires basiques : MgO est utilisé sous forme frittée ou fondue.
- Amendement agricole : la magnésie 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.
- Céramiques : dans les biscuits de faïence, les émaux et glaçures.
- Comme charge pour les peintures et matières plastiques.
- Abrasif doux, la magnésie est utilisée dans le polissage des métaux, les dentifrices.
- Médecine : comme antiacide pour calmer les brûlures d'estomac.

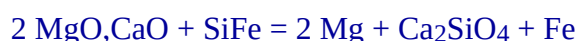
**MÉTALLURGIE** : elle est réalisée selon 2 procédés (nous remercions la société Morgo Magnesium Limited pour nous avoir autorisé un accès aux schémas reproduits sur leur site Internet : voir ci-dessous) :

- Par réduction thermique de MgO selon les procédés : Pidgeon, Bolzano ou Magnetherm. Le principal procédé utilisé est le procédé Pidgeon, employé pour toute la production chinoise.

- Par électrolyse, en sel fondu, de MgCl<sub>2</sub> extrait de l'eau de mer ou de saumures selon les procédés : Dow, Norsk Hydro, IG Farben.

**Réduction thermique par le silicium** selon le procédé Pidgeon :

La dolomite est d'abord décarbonatée dans un four rotatif entre 1000 et 1200°C. Ensuite, après broyage, ajout de ferrosilicium (à 78 % de Si) comme agent réducteur et de fluorure de calcium, pressage et briquetage, la matière première est introduite dans un four à 1200°C, sous vide (avec une pression d'environ 100 Pa). Le chauffage est effectué extérieurement. En Chine, le gaz de chauffage est souvent issu de cokeries.



Le magnésium, à l'état de vapeur, est condensé, dans une chambre refroidie par circulation extérieure d'eau. La réduction dure environ 6 h.

**Électrolyse de MgCl<sub>2</sub>** : le procédé Dow est le procédé le plus ancien.

Mg<sup>2+</sup> 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)<sub>2</sub> qui est récupéré par filtration. L'hydroxyde est ensuite transformé en MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O par attaque chlorhydrique, puis déshydraté partiellement en MgCl<sub>2</sub>.1,5H<sub>2</sub>O ou totalement pour alimenter les cuves à électrolyse.

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

NaCl : 50-60 %      CaCl<sub>2</sub> : 15 %      MgCl<sub>2</sub> : 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 de 12 000 kWh/t, pour les cellules les plus modernes.

**RECYCLAGE** : la production de magnésium secondaire est estimée à 200 000 t/an, hors recyclage du magnésium contenu dans les alliages d'aluminium. Celui-ci est recyclé en même temps que l'alliage. La production de magnésium de deuxième fusion provenant de chutes de fabrication neuves ou de métal récupéré est, en 2013, de 80 000 t aux Etats Unis.

**PRODUCTIONS DE MAGNESIUM** : en 2013, en milliers de t de magnésium primaire. Monde : 910.

Chine	769	Kazakhstan	21
Etats Unis	50 (en 2010)	Brésil	16
Russie	30	Corée du Sud	9
Israel	28	Malaisie	5

Source : USGS

Il n'y a pas de production primaire dans l'Union européenne.

En 2013, les exportations de la Chine ont porté sur 212 000 t. Les principales régions productrices sont les provinces de Shaanxi et Shanxi.

## Principaux producteurs de magnésium, en 2013 :

- China Magnesium Corporation Ltd (Chine) : à Pingyao dans la province du Shanxi avec 105 000 t/an à partir de dolomite à l'aide du procédé Pidgeon.
- Solikamsk Magnesium Works et VSMPO-Avisma (Russie) : 80 000 t/an.
- US Magnesium LLC (Utah, Etats Unis) est le seul producteur aux Etats Unis, à Rowley, dans l'Utah, avec une usine exploitant les saumures du Grand Lac Salé et produisant du magnésium par électrolyse et une capacité de production de 63 500 t/an qui devrait atteindre 76 500 t/an en 2015.
- Dead Sea Magnesium, filiale de Israel Chemicals Ltd. (Israël) : 34 000 t/an, exploite, à Sdom, l'eau de la Mer Morte.
- "UKTMK"(Ust-Kamenogorsk Titanium-Magnesium Combine) (Kazakhstan) : 30 000 t/an.
- Rima, (Brésil) : 22 000 t/an.
- Posco, a démarré, en 2012, à Gangneung, en Corée du Sud, une production de 10 000 t/an qui devrait être portée à 20 000 t/an en 2016 puis 100 000 t/an en 2018. Le procédé utilisé est le procédé Pidgeon, à partir de dolomite.
- Zaporozhye Titanium & Magnesium Combine (Ukraine) : 15 000 t/an par électrolyse en sel fondu de chlorure de magnésium et de carnallite.
- Mg Serbien (Serbie) : 5 000 t/an à Baljevac, selon le procédé Magnetherm à partir de dolomite.

## SITUATION FRANÇAISE : en 2013.

La production de magnésium qui était réalisée par Pechiney Electrométallurgie à Marignac (31), selon le procédé Magnetherm, à partir de dolomite, avec 12 500 t/an, a cessé en juillet 2001.

### Importations :

- Magnésite : 3 948 t à 76 % de Turquie, 14 % d'Allemagne.
- Oxyde de magnésium : 18 942 t à 51 % d'Espagne, 24 % d'Israël, 8 % de Grèce.
- Chlorure de magnésium : 18 124 t à 37 % des Pays Bas, 24 % d'Allemagne, 9 % de Suède.
- Sulfate de magnésium : 27 034 t à 75 % d'Allemagne, 13 % de Chine, 4 % d'Inde.
- Magnésium : 13 109 t à 73 % de Chine, 12 % d'Allemagne, 6 % d'Israël.

## UTILISATIONS :

**Consommations** : en 2012, la consommation mondiale est de 1,1 million de t dont 351 000 t, en 2013, en Chine.

### Secteurs d'utilisation :

	Monde 2012	Etats-Unis 2013		Monde 2012	Etats-Unis 2013
<u>Alliages de Mg</u>	33 %	18 %	Désulfuration de l'acier	11 %	11 %
<u>Alliages de Al</u>	33 %	33 %	Nodulisation de la fonte	6 %	
Agent de réduction (Ti)	11 %	34 %			

Source : USGS et Roskill

- 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). En moyenne, par véhicule il y a 2,3 kg de

magnésium mais le poids peut atteindre 23 kg pour certains modèles. 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.

- 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.

- Le magnésium est employé comme agent de réduction (par magnésiothermie) dans diverses métallurgie dont principalement [Ti](#), mais aussi, [Zr](#), [Be](#), [Hf](#), [U](#).

- En sidérurgie, le magnésium intervient dans la désulfuration des fontes de hauts fourneaux, en concurrence avec le carbure de calcium et la nodulisation des fontes : le magnésium favorise les structures à graphite nodulaire sphéroïdal. En moyenne, la consommation est de 50 g de Mg/t d'acier.

### **Utilisations diverses :**

- Chimie : fabrication d'organomagnésiens.

- Automobiles : le magnésium est utilisé afin de réduire le poids des véhicules et ainsi diminuer leur consommation en carburant. 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, les châssis et les moteurs.

- Les coques des sièges, les accoudoirs et les tablettes des TGV à 2 étages sont, en 2<sup>ème</sup> 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.

- Débismuthage du [plomb](#).

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

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