



FICHE SUBSTANCE

Magnésium métal

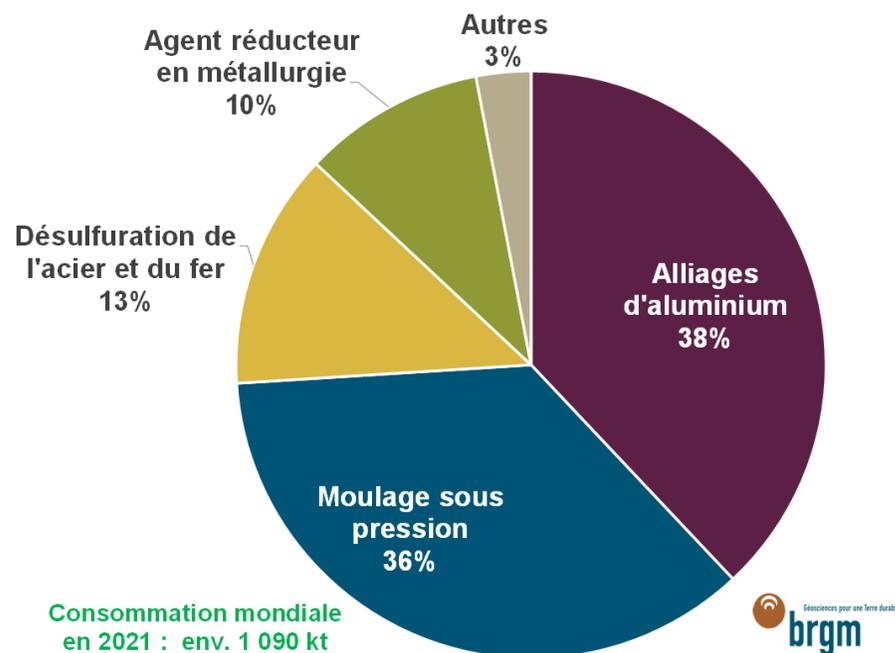
Décembre 2023



- Principaux usages du magnésium métal dans le monde en 2021 : ^{1,2}

Usages mondiaux du magnésium métal en 2021

Source : BRGM



- Alliages d'aluminium (38%)** : obtenus par fonderie sous pression (en moyenne à 90% de magnésium). Utilisé dans l'industrie automobile, aéronautique, aérospatiale, de la défense (ex: dans les missiles car le magnésium résiste à l'exposition à l'ozone et aux particules de très haute énergie) et des nouvelles technologies (ex: châssis d'appareil électronique).



Données

- Usages et consommation
- Production mondiale et ressources
- Substituabilité
- Recyclage
- Prix
- Restrictions au commerce international
- Production française et ressources
- La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



minéralinfo

¹ BRGM

² SCREEN 2, 2023

■ Principaux usages du magnésium métal dans le monde en 2021 (suite) : ^{1,2}

- **Moulage sous pression (36%)** : (composition en magnésium à hauteur de 0,8%) : il permet de rendre la structure plus légère sans affecter la maniabilité de la substance. Utilisé dans le domaine de la construction, des emballages (canettes, conserves...), du transport (ex: coques de sièges, accoudoirs et tablettes des TGV) à des fins de résistance et d'allègement.
- **Désulfuration de l'acier et du fer (13%)** : dans le domaine de la sidérurgie, il est utilisé dans la désulfuration des fontes de hauts fourneaux.
- **Agent réducteur en métallurgie (10%)** : utilisé en tant que réducteur d'oxydes métalliques dans les métallurgies du titane (procédé Kroll) mais aussi du béryllium, du zirconium, du hafnium et de l'uranium.
- **Autres (3%)** : médical, agriculture, débismuthage du plomb, pyrotechnie.

NB : Le magnésium se trouve également sous forme de divers composés comme les oxydes, les silicates, les carbonates, les sulfates et les chlorures de magnésium. Ces derniers sont utilisés par l'industrie des réfractaires, la fabrication de produits chimiques ou en métallurgie. Le composé le plus utilisé est la magnésie, forme oxydée du magnésium. Cette fiche ne traite uniquement que du magnésium métal.

■ Perspectives d'évolution de la consommation globale : **hausse modérée** ¹

- Le principal potentiel de croissance est l'allègement des structures dans les secteurs de l'automobile et l'aéronautique. Depuis 2019, la demande dans les secteurs des alliages d'aluminium et des moulages sous pression connaît une croissance de 3% à 6%.
- Les batteries magnésium-ion, qui possèdent une capacité et densité d'énergie théoriquement double des lithium-ion, pourraient dynamiser le marché à un horizon supérieur à 10 ans (bas niveau de développement technologique ou TRL en 2023).

12

Mg

Magnésium

Données

1 – Usages et consommation

2 – Production mondiale et ressources

3 – Substituabilité

4 – Recyclage

5 – Prix

6 – Restrictions au commerce international

7 – Production française et ressources

8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



minéralinfo

¹ BRGM

² SCREEN 2, 2023

- La substance est-elle est un sous-produit ? **Non**

- Extraction mondiale 2021 :**

- Il est estimé que 85 % du magnésium commercialisé est issu de dolomies minérales $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ et 15% de saumures. La brucite n'est plus considérée comme matière première pour la production de magnésium.
- La dolomie et la magnésite sont principalement extraites en carrière. D'autres gisements se trouvent sous forme de lacs salés (par ex. Great Salt Lake aux Etats-Unis) ou de mers (par ex. Mer Morte). Les rares données d'extraction disponibles et le faible niveau d'information sur les gisements dédiés à la production de magnésium métal ne permettent pas de connaître précisément les quantités extraites et leurs localités.

- Principaux pays producteurs métallurgiques en 2021 ³ :**

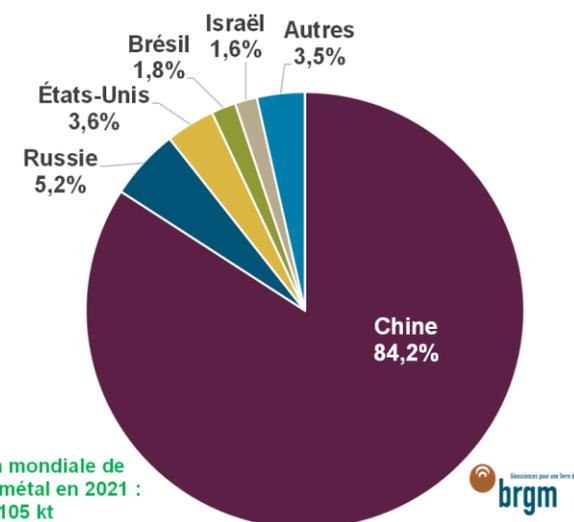
- Chine (84,2%) et Russie (5,2%). Depuis plus de dix ans, la Chine domine la production avec plus de 80% de la production mondiale).
- Concentration du marché **très élevée** :

IHH (Indice Herfindahl-Hirschmann) = **0,71**

NB : Selon l'USGS, la production 2021 de composés de magnésium (MgO contenu) est environ 20 fois supérieure en masse à celle de magnésium métal.

Répartition de la production de magnésium métal en 2021

Source : USGS 2023



Production mondiale de magnésium métal en 2021 : ~1 105 kt



Données

- 1 – Usages et consommation
- 2 – Production mondiale et ressources
- 3 – Substituabilité
- 4 – Recyclage
- 5 – Prix
- 6 – Restrictions au commerce international
- 7 – Production française et ressources
- 8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



minéralinfo

■ Production métallurgique 2021:

- La production métallurgique 2021 est estimée à **1 105 kt**. Elle était d'environ 440 kt en 2000.
- La production de magnésium métal s'effectue principalement par deux voies :
 - Réduction thermique de magnésie (MgO) issue de la calcination de la dolomite ou de la magnésite en présence de chaux (CaO). La Chine utilise majoritairement le procédé Pidgeon qui est réputé énergivore et polluant (émissions importantes de gaz à effets de serre). Ce procédé est voué à être remplacé par des méthodes moins impactantes comme les procédés Mintek et Carbothermic, à un coût cependant supérieur.
 - Electrolyse de sels fondus (procédé Dow) contenant du chlorure de magnésium anhydre (ou partiellement anhydre) extrait de l'eau de mer, de saumures, ou obtenu à partir de carnallite. Moins polluant que le procédé Pidgeon, il est utilisé par la compagnie israélienne Dead Sea Magnesium et l'australienne Magontec en Chine.

■ Production secondaire ² :

- 200 à 250 kt/an (dont 100 kt proviendraient des Etats-Unis)

■ Perspectives d'évolution de la production mondiale : hausse modérée

- Western Magnesium a démarré la production de magnésium métal dans son usine-pilote et vise à terme une production de plus de 100 kt/an sur son nouveau site de production dans l'Ohio (Etats-Unis).
- L'Australien Latrobe Magnesium a commencé la construction d'une usine et prévoit à terme une production de 10 kt/an pendant 20 ans, à partir de cendres volantes provenant de centrales thermiques de Yallourn. Le stock accumulé est de 25 millions de tonnes contenant jusqu'à 12% de MgO dans de la magnésioferrite de structure spinelle.
- Le Canadien Alliance Magnesium développe un projet de 25 kt/an de magnésium primaire et 12 kt/an de magnésium secondaire grâce à un partenariat avec Triple M. La production pourrait démarrer fin 2025.
- En Europe, plusieurs projets dont deux en Roumanie et un en Bosnie pourraient produire du magnésium métal après 2025, selon Reuters⁴.



Données

1 – Usages et consommation

2 – Production mondiale et ressources

3 – Substituabilité

4 – Recyclage

5 – Prix

6 – Restrictions au commerce international

7 – Production française et ressources

8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



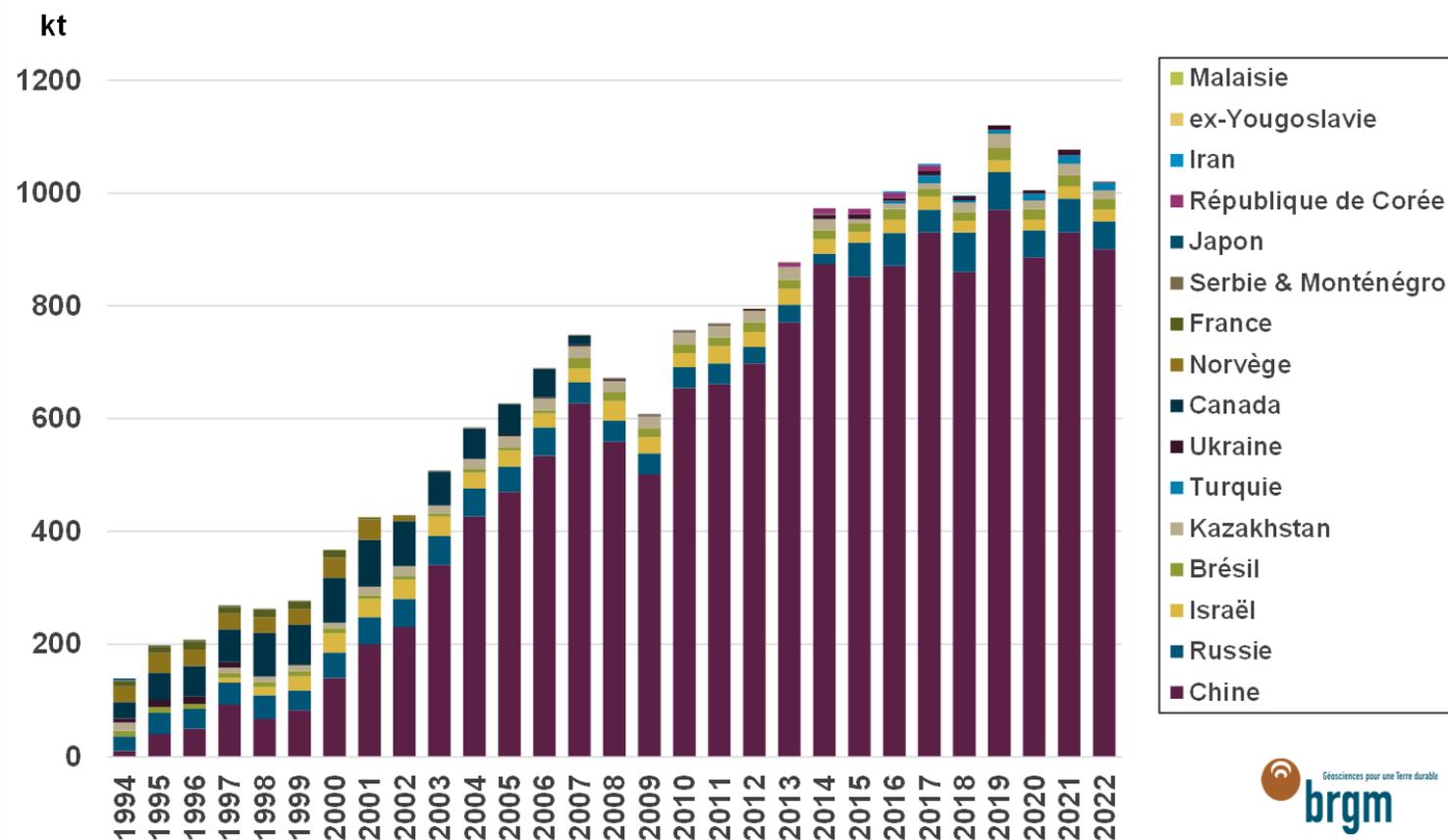
² SCRREEN 2, 2023

⁴ Reuters, 2022

■ Production historique

Evolution de la production mondiale de magnésium métal (sans les Etats-Unis)

Source : USGS 2023



NB : Les données de production des Etats-Unis sont confidentielles depuis 1999. Seules les productions de magnésite sont communiquées, mais elles ne sont pas représentatives de la production de magnésium métal.

12

Mg

Magnésium

Données

- 1 – Usages et consommation
- 2 – Production mondiale et ressources
- 3 – Substituabilité
- 4 – Recyclage
- 5 – Prix
- 6 – Restrictions au commerce international
- 7 – Production française et ressources
- 8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement

■ Ressources et réserves connues : ^{2,3,5}

- Il n'existe pas d'estimation précise des réserves et ressources en magnésium. Elles sont jugées suffisantes par l'USGS pour répondre à la demande actuelle et celle dans le futur proche.
- Le magnésium est le 8^e élément le plus abondant dans la croûte terrestre (2,1 %) et le 3^e élément en abondance en solution dans les eaux salées (en moyenne 1,3 kg/m³ dans les eaux de mer et 35 kg/m³ dans les saumures qui sont estimées par l'USGS en 2021 comme une potentielle ressource de plusieurs milliards de tonnes).
- Le magnésium entre dans la composition de 60 minéraux distincts dont la magnésite (teneur théorique de Mg métal en poids de 28,83%), la dolomite (13,18%), la carnallite (8,75%), la bischofite (11,96%), la kiesérite (17,56%), la brucite (41,68%) et l'olivine (25,37%).
- La magnésite minérale (MgCO₃) (réserves estimées par l'USGS à 7200 Mt en 2021) est présente dans des roches sédimentaires issues de l'altération de la serpentine. Elle se forme également dans des veines de remplissage ou lors d'un remplacement de calcaire ou dolomie.
- En 2021, l'USGS estimait que les saumures contenant du Mg constituaient une potentielle ressource de plusieurs milliards de tonnes.

■ Répartition géographique des ressources et réserves : ^{2,3,5}

- Des ressources sont présentes dans la plupart des régions du globe.
- La dolomie minérale se retrouve dans les roches sédimentaires, roches métamorphiques de haute température et les veines hydrothermales de basse température. C'est la matière première principale dans les centres d'extraction de Chine, de Turquie et du Brésil.
- La magnésite est présente dans toutes les régions du globe mais on observe rarement des dépôts à haute pureté de taille économiquement intéressante. Les réserves se trouvent principalement en Russie, en Corée du Nord, et en Chine. Le plus grand gisement connu de magnésite avec également la plus haute qualité au monde est située à Dashiqiao, dans la province du Liaoning en Chine (pays qui représente 67% de la production mondiale de magnésite).
- La carnallite (KCl.MgCl₂·6H₂O) est associée aux gisements de potasse. C'est la principale source de magnésium en Russie et elle a été exploitée de manière importante en Chine.



Données

- 1 – Usages et consommation
- 2 – Production mondiale et ressources
- 3 – Substituabilité
- 4 – Recyclage
- 5 – Prix
- 6 – Restrictions au commerce international
- 7 – Production française et ressources
- 8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



² SCRREEN 2, 2023

³ USGS, 2023

⁵ W. Wulandari et al., 2010

▪ Substitution possible mais perte de légèreté ²

- L'aluminium, le titane et le zinc peuvent remplacer le magnésium dans les alliages, mais la substitution s'accompagne indéniablement d'un poids plus important que l'utilisation de magnésium.
- Dans l'industrie des transports, l'utilisation de plastiques renforcés offre des performances similaires mais avec des coûts plus importants que l'utilisation d'alliages d'aluminium contenant du magnésium.
- Dans la construction, le PVC (polychlorure de vinyle), l'acier et le bois sont de bons substituts. Les coûts et performances sont considérés comme équivalents.
- Le carbure de calcium CaC_2 et l'oxyde CaO peuvent se substituer au magnésium dans les processus de désulfuration du fer et de l'acier, mais sont plus coûteux et moins performants. Le substitut ZnO semble donner des résultats plus prometteurs.
- Les fibres de carbone possèdent le même potentiel d'allègement, mais elles se recyclent moins facilement.
- Dans le secteur de l'emballage, le verre, le plastique et l'acier sont des alternatives, mais souvent plus lourdes et moins résistantes.



Données

1 – Usages et consommation

2 – Production mondiale et ressources

3 – Substituabilité

4 – Recyclage

5 – Prix

6 – Restrictions au commerce international

7 – Production française et ressources

8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



minéralinfo

■ Taux de recyclage^{2,3,6} :

- Au niveau mondial, les déchets proviennent principalement des voitures, de l'industrie du moulage sous pression et des équipements électroniques en fin de vie. 200 à 250 kt/an de scraps de magnésium sont réutilisés en mélange dans le procédé de moulage sous haute pression. Ce procédé génère lui-même 40 kt/an de scraps.
- En 2022, la production secondaire de magnésium était estimée à 120 kt aux Etats-Unis dont 83 kt provenaient du recyclage en boucle courte (chutes neuves). Les alliages à base d'aluminium représentaient 58 % du magnésium secondaire récupéré tandis que les pièces moulées, lingots et autres matériaux à base de magnésium représentaient 42%.
- Dans l'Union européenne, le taux d'incorporation de matières en fin de vie est estimé autour de 12-13% (en supposant que le recyclage d'alliages de magnésium est similaire à celui des alliages d'aluminium).
- Il existe deux techniques d'affinage principale :
 - Par fondant : méthode la plus ancienne et la plus courante de recyclage des déchets de magnésium. Elle consiste à faire fondre les scraps propres et triés avec deux fondants pour empêcher l'oxydation de surface du magnésium (fondant de couverture) et se débarrasser des impuretés (fondant secondaire). Le fondant principalement utilisé se compose de 49% de chlorure de magnésium anhydre, 27 % de chlorure de potassium, 20% de chlorure de baryum et de 4% de fluorure de calcium⁶.
 - Sans fondant : il existe de nombreuses approches dont la technique dite du four à sel, l'affinage par gaz inerte et filtration ou bien l'affinage par distillation sous vide. Cette dernière permet d'obtenir un magnésium métal très pure (99,999 %) pour le secteur des semiconducteurs⁶.



Données

1 – Usages et consommation

2 – Production mondiale et ressources

3 – Substituabilité

4 – Recyclage

5 – Prix

6 – Restrictions au commerce international

7 – Production française et ressources

8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



² SCRREEN 2, 2023

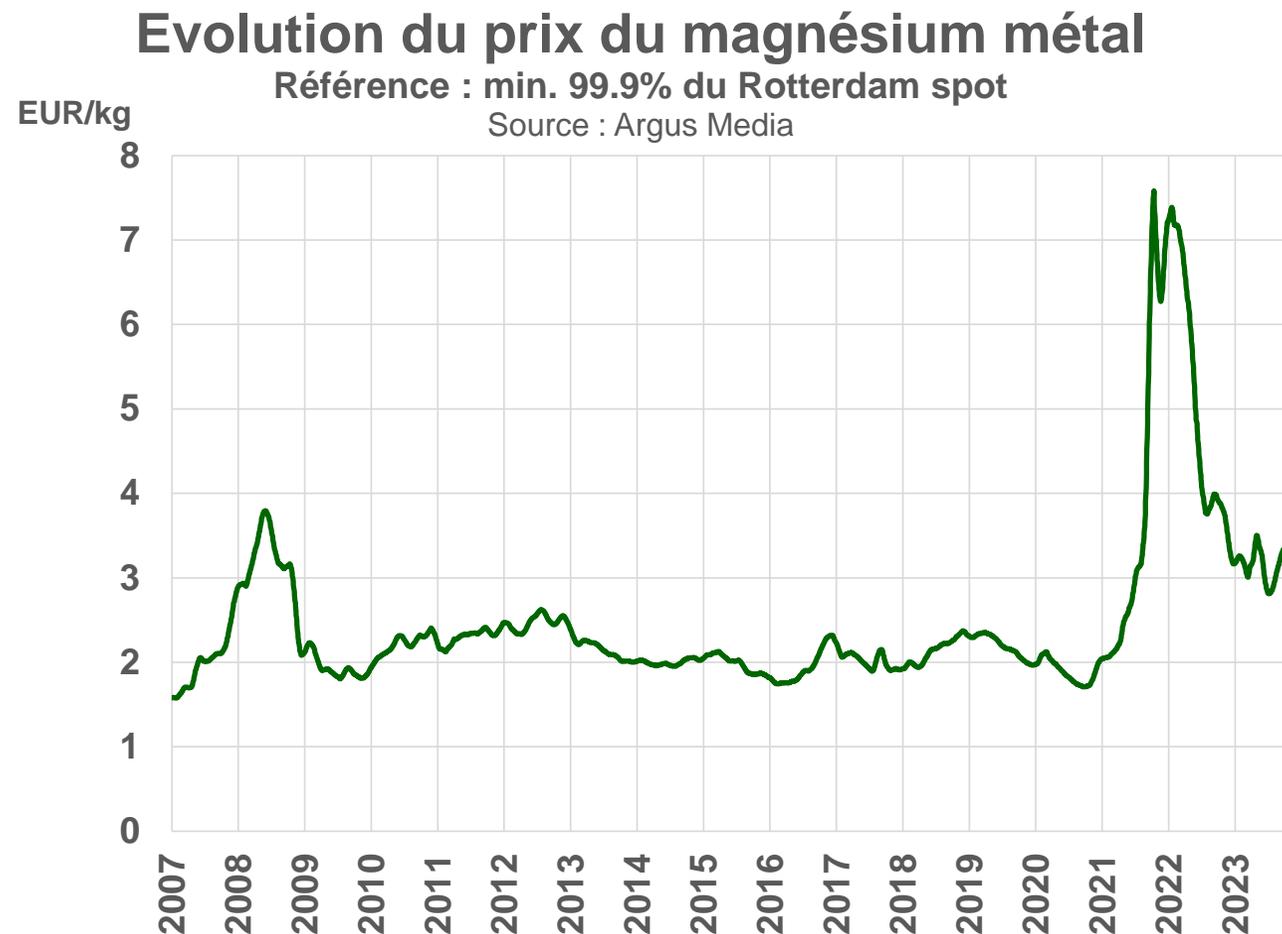
³ USGS, 2023

⁶ Bell et al., 2003

- **Établissement des prix :**

- **Pas de cotation.** Les prix sont établis par négociation directe de contrats entre producteurs primaires et transformateurs ou éventuellement par l'intermédiaire de traders.

- **Evolution des prix ⁷ :**



⁷ Argus-media



Données

1 – Usages et consommation

2 – Production mondiale et ressources

3 – Substituabilité

4 – Recyclage

5 – Prix

6 – Restrictions au commerce international

7 – Production française et ressources

8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



■ Restrictions au commerce international : 8,9

- Pas de restrictions à l'exportation sur les articles en magnésium
- Il existe des taxes à l'exportation sur les déchets et résidus de magnésium afin de promouvoir une utilisation domestique. On retrouve ce type de taxes dans les pays suivants (valeurs entre parenthèses) : Argentine (4,5%), Gabon (2%), Guinée (2%), République Démocratique du Congo (0,5%), Russie (20%), Sénégal (3%), Sierra Léone (3%), Vietnam (22%), Zambie (25%)
- Quota à l'exportation de 2 500 tonnes de résidus de magnésium au Guatemala
- L'Inde applique des taxes pour les exportations de déchets et résidus de magnésium à destination du Pakistan (20%) et du Bangladesh (25%).
- Interdictions d'exportation (sauf exceptions) au Burundi, Kenya, Nigéria, et Rwanda,

■ Réglementation REACH :

- Pas de signalement particulier.



Données

1 – Usages et consommation

2 – Production mondiale et ressources

3 – Substituabilité

4 – Recyclage

5 – Prix

6 – Restrictions au commerce international

7 – Production française et ressources

8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



minéralinfo

⁸ OECD, 2023

⁹ European Commission, Taxation and Custom Union

■ **Extraction** ¹⁰ :

- **Aucune**

■ **Ressources** ¹⁰ :

- Historiquement, les plus importants gisements de dolomie se trouvaient dans les formations du Carbonifère au nord de la France et du Cambrien en Mayenne. On trouve aussi des gîtes en Lozère, dans les Pyrénées Orientales, dans l'Aude et dans les Landes.
- La France ne produit ni giobertite (carbonate de magnésium), ni kiésérite (sulfate de magnésium) par manque de gisements exploitables reconnus

■ **Production métallurgique** :

- **Aucune depuis 2001**
- Une production d'alliages à partir de magnésium primaire importée ou de magnésium secondaire existe dans l'Union Européenne (principalement en Allemagne)



Données

1 – Usages et consommation

2 – Production mondiale et ressources

3 – Substituabilité

4 – Recyclage

5 – Prix

6 – Restrictions au commerce international

7 – Production française et ressources

8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



- **Entreprises extractives françaises :**
 - **Aucune entreprise extractive** à destination du magnésium métal

- **Filière métallurgique :**
 - **Pas d'entreprise métallurgique connue**

- **Recyclage en France :**
 - **Pas d'entreprise de recyclage connue**



Données

1 – Usages et consommation

2 – Production mondiale et ressources

3 – Substituabilité

4 – Recyclage

5 – Prix

6 – Restrictions au commerce international

7 – Production française et ressources

8 – La filière industrielle en France

Criticité

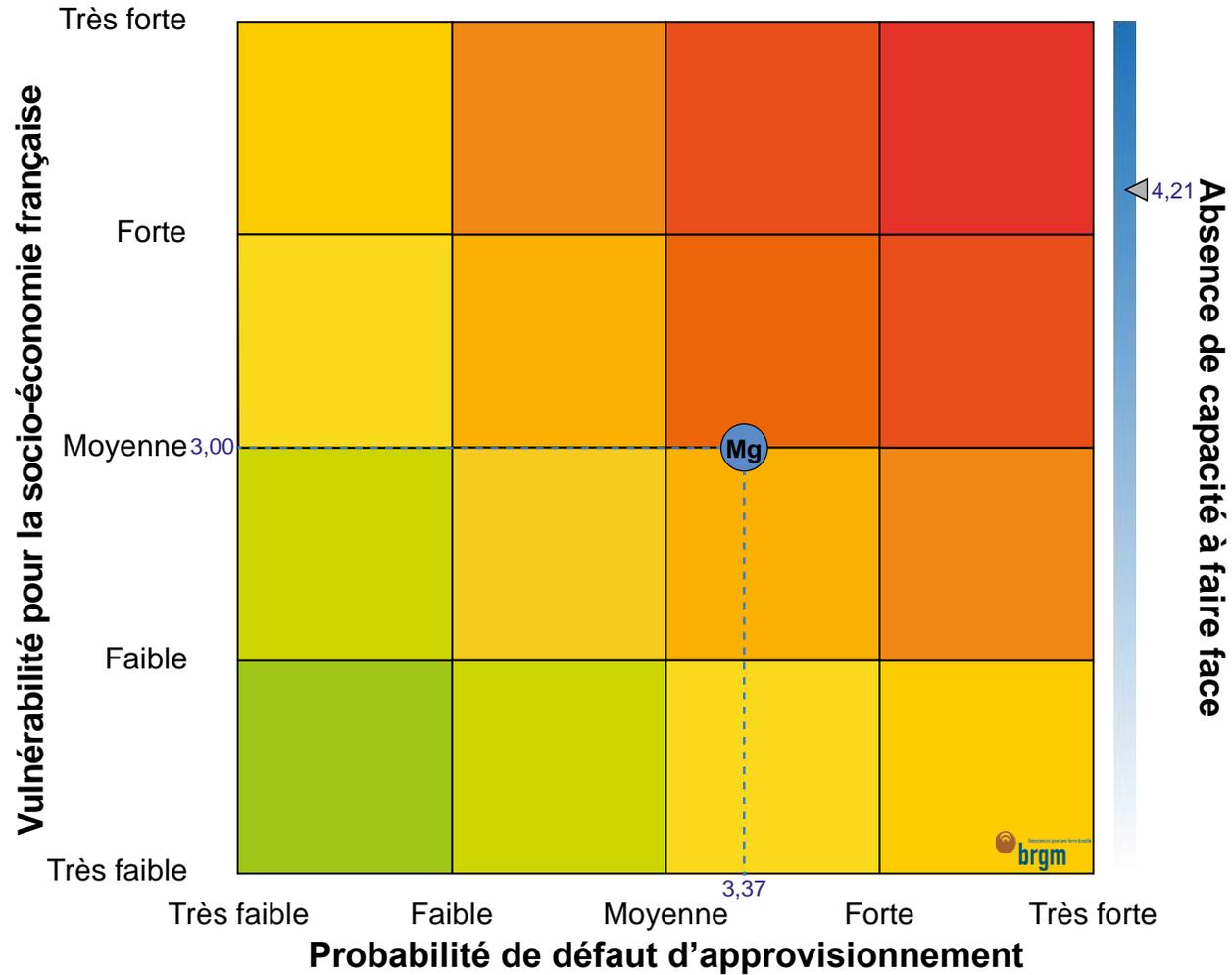
Pour aller plus loin

Avertissement



■ Evaluation de la criticité du magnésium métal :

**Criticité du magnésium métal
(01/12/23)**



12
Mg
Magnésium

Données

- 1 – Usages et consommation
- 2 – Production mondiale et ressources
- 3 – Substituabilité
- 4 – Recyclage
- 5 – Prix
- 6 – Restrictions au commerce international
- 7 – Production française et ressources
- 8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



■ Sources :

- 1- BRGM
- 2- SCREEN 2, 2023, https://screen.eu/wp-content/uploads/2023/08/SCREEN2_factsheets_MAGNESIUM.pdf
- 3- USGS Mineral Commodity Summary 2023, Magnesium Metal
- 4- E. Onstad, Reuters, 20 mai 2022, « Exclusive: Europe aims to revive magnesium output by 2025 to cut China reliance », Consulté le: 10 janvier 2024, <https://www.reuters.com/markets/commodities/exclusive-europe-aims-revive-magnesium-output-by-2025-cut-china-reliance-2022-05-20/>
- 5- W. Wulandari, G. Brooks, M. Rhamdhani, et B. Monaghan, 2010, « Magnesium: current and alternative production routes », Chemeca 2010, Adelaïde, Australie
- 6 - Bell, S., Davis, B., Javaid, A., Essadiqi, E., 2003. Laboratoire de la technologie des matériaux rapport MTL 2003-19(CF), Rapport final sur les techniques d'affinage du magnésium. CANMET-LTM, 27p.
- 7- Argus Média
- 8- OCDE, Export Restriction on Industrial Raw Materials, 2021: https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=ExportRestrictions_IndustrialRawMaterials
- 9- https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/taric/quota_consultation.jsp?Lang=en&Origin=&Code=09272_2&Year=2019&Year=2018&Critical=&Status=&Expand=true
- 10- Mémento roches et minéraux industriels : Dolomie, magnésite et produits dérivés à usages industriels et agricole, 1989, P. Marteau, BRGM



Données

- 1 – Usages et consommation
- 2 – Production mondiale et ressources
- 3 – Substituabilité
- 4 – Recyclage
- 5 – Prix
- 6 – Restrictions au commerce international
- 7 – Production française et ressources
- 8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



minéralinfo

■ Fiche réalisée par :

V. Charvet, E. Saulnier, F. Lai, M. Leguérinel, B. Gourcerol, A. Boubault, BRGM

■ Pour toutes questions, remarques, ou suggestions :

Contactez le BRGM, service géologique français :

<https://assistance.brgm.fr/formulaire/posez-votre-question?tools=MineralInfo>

Les informations, chiffres et graphiques figurant dans la présente "fiche de criticité" sont extraites de bases de données construites à partir des meilleures sources ouvertes consultables et internationalement reconnues.

Certaines bases sont gratuites, d'autres ne sont accessibles que sur abonnement. Les sources utilisées sont précisées sur chaque fiche.

Toutefois, il est à considérer que de nombreux problèmes affectent la qualité des données disponibles sur l'industrie minérale mondiale. Cela peut parfois se répercuter sur les nombreux maillons des chaînes de valeur qui en découlent.

Certains pays, parmi lesquels la Chine aujourd'hui principal producteur mondial d'un certain nombre de matières premières minérales, ne publient guère de données statistiques relatives à leur industrie minérale. Les données publiées ne sont ainsi pas toujours vérifiables.

Dans certains pays, des règles interdisent la publication de données de production ou de réserves. Ces informations peuvent divulguer des données ou méthodologies considérées comme confidentielles par des entreprises productrices.

Cela est notamment le cas aux États-Unis et en France. Toutes les entreprises n'ont pas les mêmes obligations de communication de leurs activités. Ces obligations restent très faibles ou nulles pour les entreprises non cotées en bourse ou financées par des capitaux privés ("private equity"). Tous les États n'imposent pas non plus les mêmes obligations de transparence aux entreprises établies sur leurs territoires.

Certaines données de production, de consommation ou d'échanges proviennent des statistiques du commerce mondial. Elles sont basées sur la nomenclature statistique internationale des produits, définie par l'Organisation Mondiale des Douanes, ainsi que sur les déclarations d'importations et d'exportations fournies par les douanes de chaque pays. Ces dernières sont centralisées dans la base de données "Comtrade" des Nations Unies.

Ces données sont délicates à utiliser ou à interpréter : certains chiffres relatifs aux exportations et aux importations mondiales ne se correspondent pas. Certains pays ne fournissent pas leurs informations. Les données relatives ne permettent pas de ressortir d'indications sur la consommation intérieure de minéraux et métaux produits à l'intérieur d'un même pays.

Cette situation complique les analyses pour certaines matières premières, notamment pour les métaux utilisés aux applications de haute technologie. La fiabilité de certaines données sont difficilement vérifiables lorsque celles-ci proviennent de simples déclarations par les autorités de pays producteurs. Les acteurs sont interrogés pour calculer le montant des réserves de telle ou telle matière première minérale.

L'existence d'un marché noir de certaines matières premières est également à prendre en compte. C'est probablement le cas d'une petite partie de la production chinoise, mais aussi des pays limitrophes, comme en Birmanie par exemple.

Il est néanmoins possible que ces limitations soient contournées, en recoupant plusieurs sources d'information.

De même, les prix des métaux rares et des minéraux industriels ont des degrés de précision et de fiabilité divers. Seuls les métaux de base (Al, Cu, Ni, Pb, Sn, Zn, Co) et les métaux précieux (Au, Ag, Pt, Pd, Rh) font l'objet de cotations quotidiennes sur les marchés boursiers. Les autres métaux font l'objet de nombreuses commercialisations dans le cadre de contrats de gré à gré entre producteurs et acheteurs, qui peuvent être des maisons de négoce.

Les prix de transaction ne sont pas rendus publics. Des sources d'informations spécialisées, accessibles uniquement sur abonnement, comme Argus Media, Fastmarkets ou Platts, fournissent des fourchettes de prix de transactions pour une vaste gamme de matières premières minérales. L'évolution de ces prix, qui peuvent ne représenter qu'une faible partie du marché réel, est la principale source d'information sur l'évolution de l'offre et de la demande.

Ainsi malgré tout le soin que le BRGM peut apporter à l'utilisation et traitement des données auxquelles il a accès, les chiffres doivent être le plus souvent considérés comme des ordres de grandeur. Il s'agit d'évolutions temporelles, de dynamiques qui traduisent au mieux les marchés et leurs évolutions. En cas d'enjeux économiques importants pour une entreprise, il est fortement recommandé de faire appel à une ou plusieurs expertises externes complémentaires.

En tout état de cause, le BRGM et l'OFREMI déclinent toute responsabilité relative aux dommages directs ou indirects, quelle qu'en soit la nature, que pourrait subir un utilisateur des fiches du fait de décisions prises au vu de leur contenu. L'utilisation des informations fournies est de l'entière responsabilité des utilisateurs.

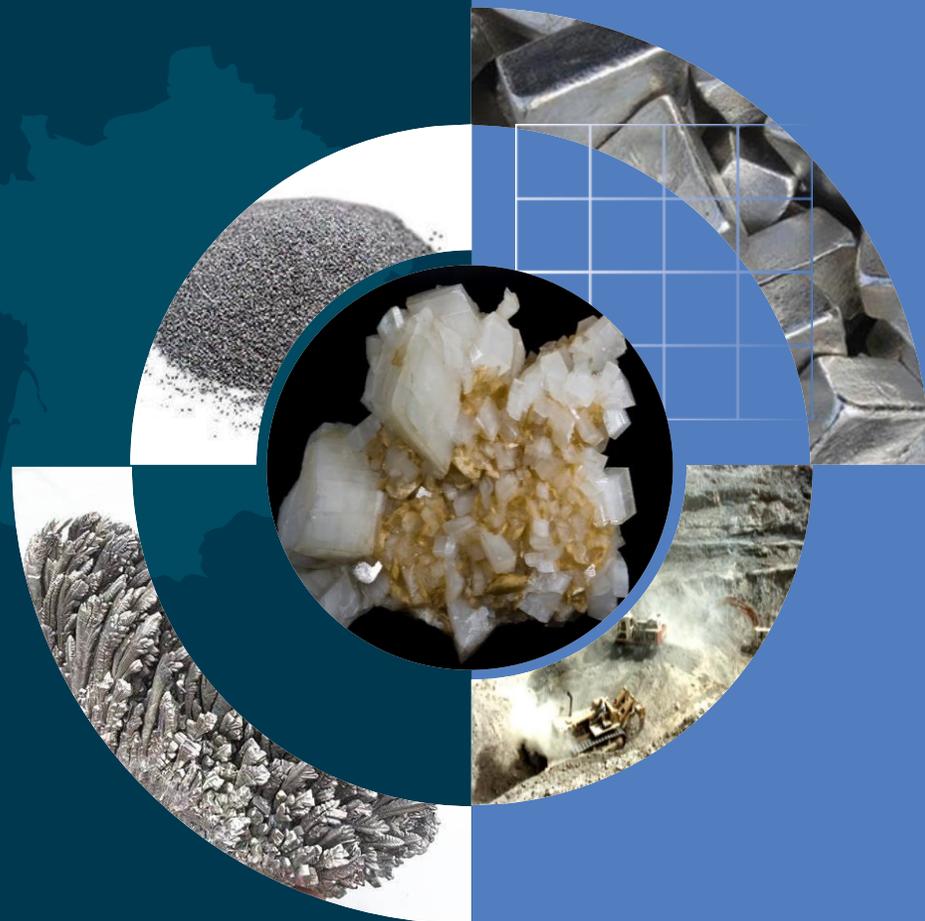
Données

- 1 – Usages et consommation
- 2 – Production mondiale et ressources
- 3 – Substituabilité
- 4 – Recyclage
- 5 – Prix
- 6 – Restrictions au commerce international
- 7 – Production française et ressources
- 8 – La filière industrielle en France

Criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



Géosciences pour une Terre durable

brgm



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

minéralinfo

BRGM, Service géologique national

Siège social • Centre scientifique et technique

3 avenue Claude-Guillemin - BP 36009

45060 Orléans Cedex 02 – France

Tél. : +33 (0)2 38 64 34 34 - Fax : +33 (0)2 38 64 35 18

www.brgm.fr