



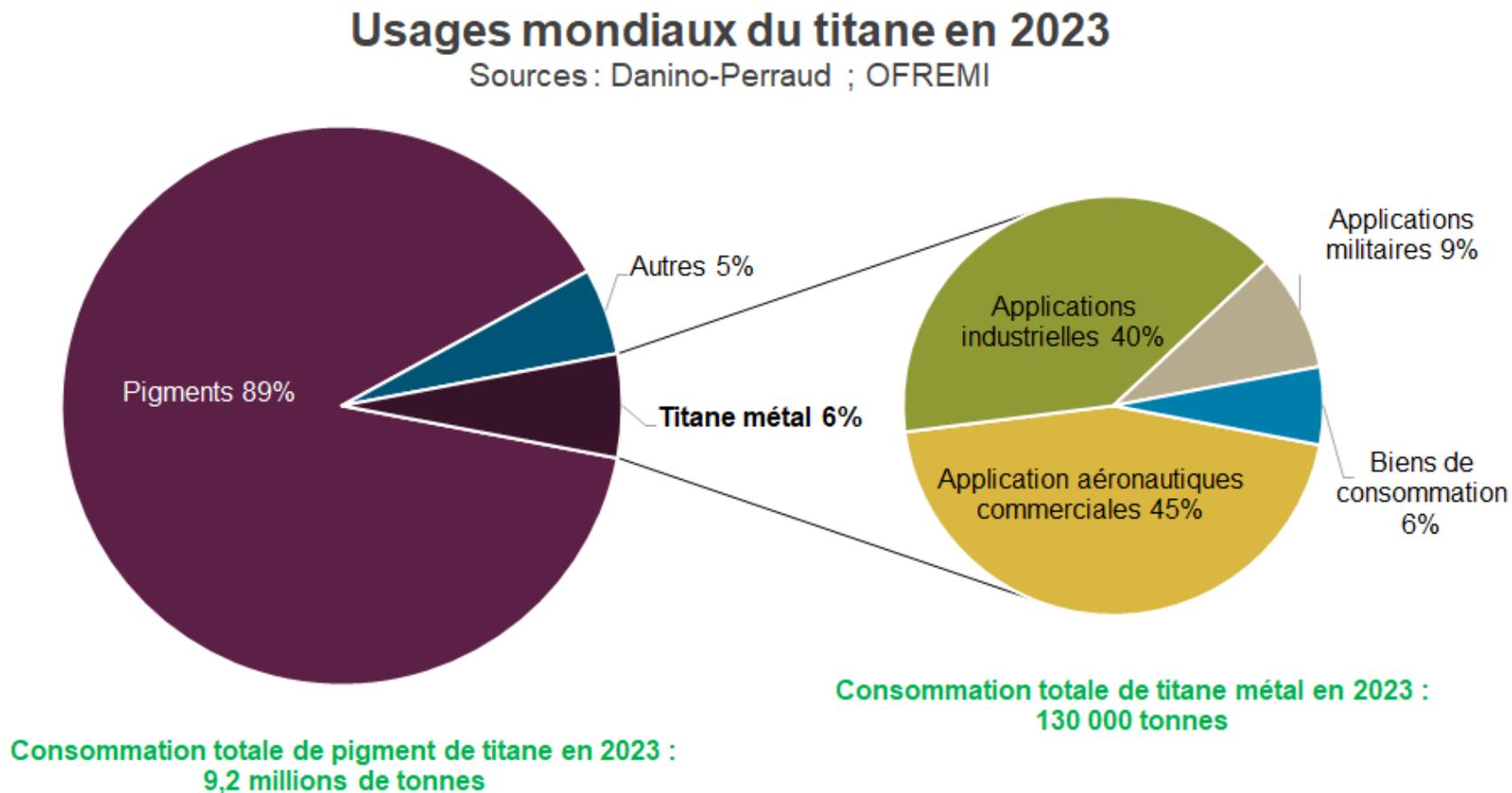
FICHE SUBSTANCE

Titane

Décembre 2024



- Les principaux usages du titane dans le monde : ^{1, 2, 3}



NB: Les données utilisées sont des ordres de grandeurs, il y a par exemple des pertes de matières dans la production de métal qui ne sont pas chiffrées.

¹ Danino Perraud, 2023
² OFREMI GT titane, 2024
³ SCREEN 2



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



- **Marché des pigments (89 %)** : la majorité du titane est utilisée sous la forme d'oxyde de titane (TiO_2) par l'industrie du pigment. Pourvu de propriétés opacifiantes et blanchissantes, il entre dans la composition de certaines peintures, papiers et matières plastiques, ainsi que dans certains produits cosmétiques (comme les crèmes solaires).
- **Titane métal (6 %)** :
 - **Aéronautique** : pour sa résistance mécanique à haute température, le titane entre dans la composition de certaines pièces moteurs, ou de structure des avions et des hélicoptères ;
 - **Aérospatial et défense** : pour sa résistance mécanique à haute température et sa résistance à la corrosion, le titane est utilisé dans certains équipements militaires comme dans les avions, les hélicoptères et les sous-marins. Il est aussi utilisé pour des applications très spécifiques de l'aérospatial ;
 - **Chimie et Oil&Gas** : pour sa résistance à la corrosion, le titane est utilisé dans des composants de tuyauterie d'installations chimiques et pétrochimiques. On en retrouve aussi dans certaines installations de dessalement ;
 - **Nucléaire**: pour sa résistance à la corrosion, aux hautes températures et aux radiations, le titane est utilisé pour fabriquer des composants de tuyauterie de certains types de centrales nucléaires ;
 - **Médical**: pour sa biocompatibilité et sa résistance mécanique, le titane est utilisé pour différents types de dispositifs médicaux dont les implants (80% des prothèses sont en titane) ;
 - **Biens de consommation**: le titane est utilisé comme matériaux high-tech, performant et léger dans diverses applications de luxe (équipements sportifs, automobile, appareils électroniques).
- **Autres (5 %)** : il est enfin utilisé sous forme de ferrotitane dans la fabrication d'aciers inoxydables et d'aciers à outils, et pour des revêtements d'électrodes de soudage. Le volume de ces deux marchés est très difficile à estimer en raison du peu de données disponibles.



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



■ Perspectives d'évolution de la consommation globale : ² moyenne

- Le taux de croissance annuel de la consommation globale de titane métal est estimé à environ 5 % ;
- Cette progression s'explique par la croissance du secteur aéronautique, l'augmentation des budgets de défense dans de nombreux pays, le développement du secteur nucléaire, ainsi que par l'essor de la consommation dans le domaine médical, notamment en raison du vieillissement de la population ;
- Les augmentations significatives des capacités de production d'éponges en Chine et en Arabie Saoudite ces dernières années, ainsi que celles des capacités de fusion en Chine et aux Etats-Unis, devraient permettre à l'offre de répondre à la demande, voire de créer un marché excédentaire. Une incertitude subsiste quant à l'accès futur à la production russe ;
- L'industrie des pigments, qui constitue le principal débouché des minéraux titanifères, devrait poursuivre sa croissance à court terme, soutenue notamment par le développement des économies émergentes et l'augmentation de la production chinoise.

22

Ti

titane

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

² OFREMI GT titane, 2024

■ **La substance est-elle est un sous-produit ? Non, mais souvent en co-produit.**

- Le titane est le principal produit extrait en termes de volumes et provient de deux types de gisements : les placers (ou sables minéralisés) et les roches dures. Les principaux minéraux titanifères sont l'ilménite, le rutile et dans une moindre mesure les leucoxènes ;
- Le titane est souvent exploité comme substance principale, accompagné de coproduits tels que le zircon ou les grenats.

■ **Production minière mondiale en 2023 :** ⁴

- La production de minerai de titane a été de **9,2 Mt**.

■ **Les principaux pays producteurs miniers en 2023 :** ⁵

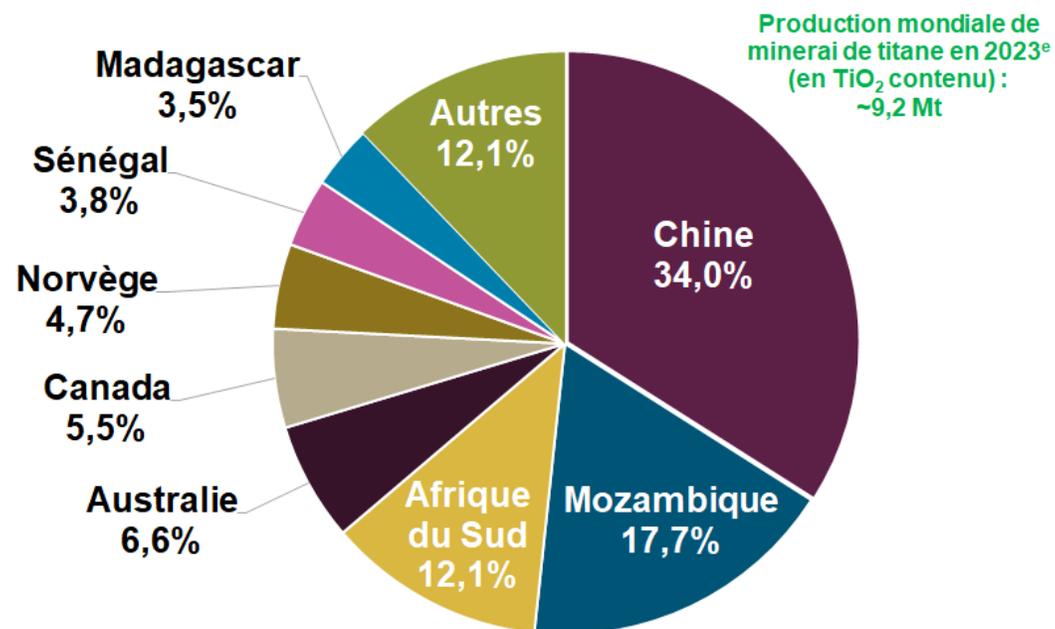
- Chine (34 %), Mozambique (18 %),
Afrique du Sud (12 %), Australie (6 %) ;
- Concentration **faible** du marché :

IHH* = 0,17

* *Indice Herfindahl-Hirschmann*

Répartition de la production minière de titane en 2023^e

Source : USGS, 2024



22

Ti

titane

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

⁴ USGS, 2024

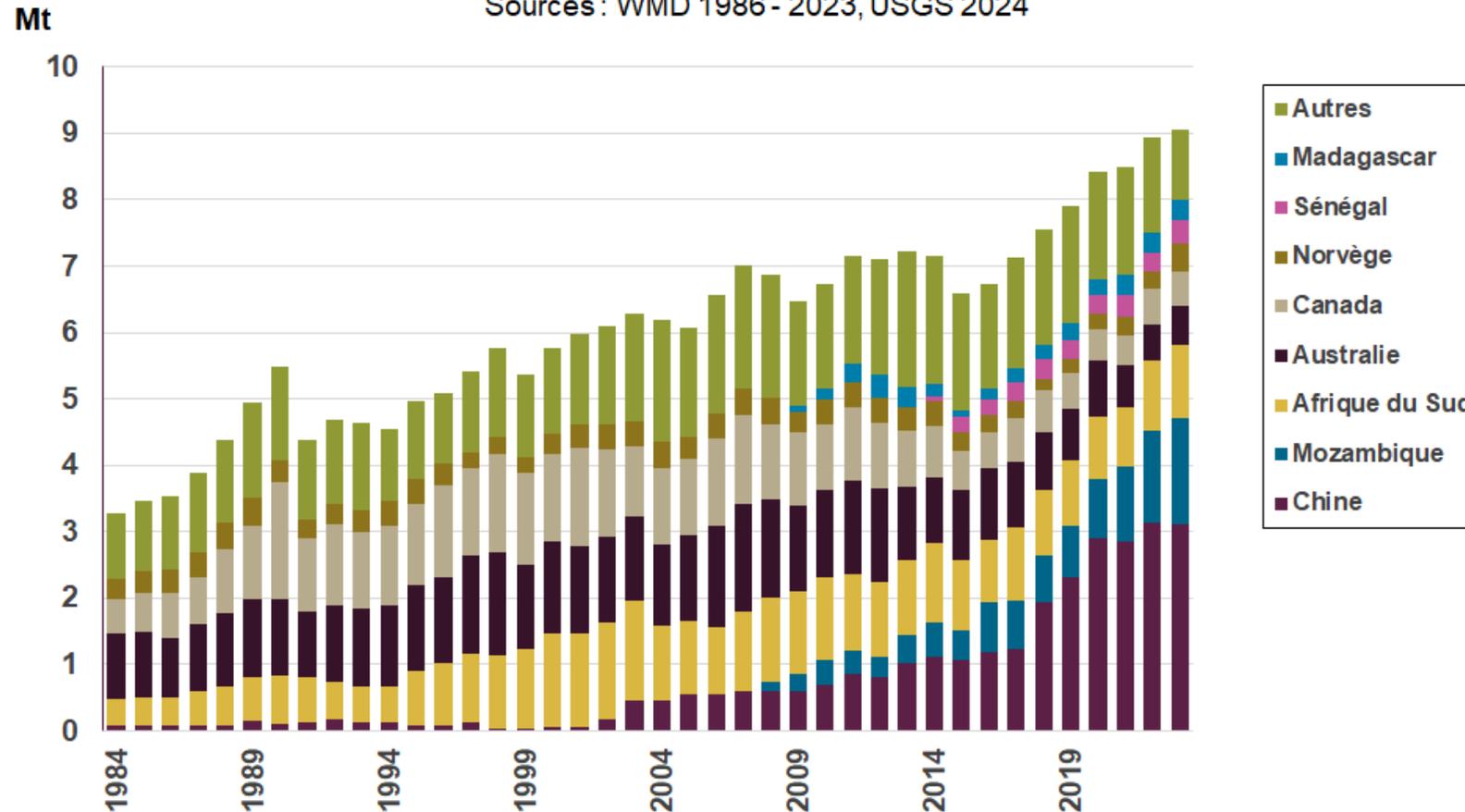
⁵ WMD, 2024

■ **Variation sur 10 ans de la concentration de la production minière mondiale** : 4, 5

- En dix ans (2012-2022), la part de la Chine dans la production de minerai de titane est passée de 13,3 % à 35,8 %. Celle du Mozambique a augmenté quand celles d'Australie et d'Afrique du Sud, qui étaient en 2012 les plus importantes, ont baissé. Bien que l'indice IHH soit passé de 0,11 à 0,18, la concentration de la production minière de minéraux titanifères est restée relativement faible.

Évolution de la production minière mondiale de titane en Mt

Sources : WMD 1986 - 2023, USGS 2024



⁴ USGS, 2024

⁵ WMD, 2024

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

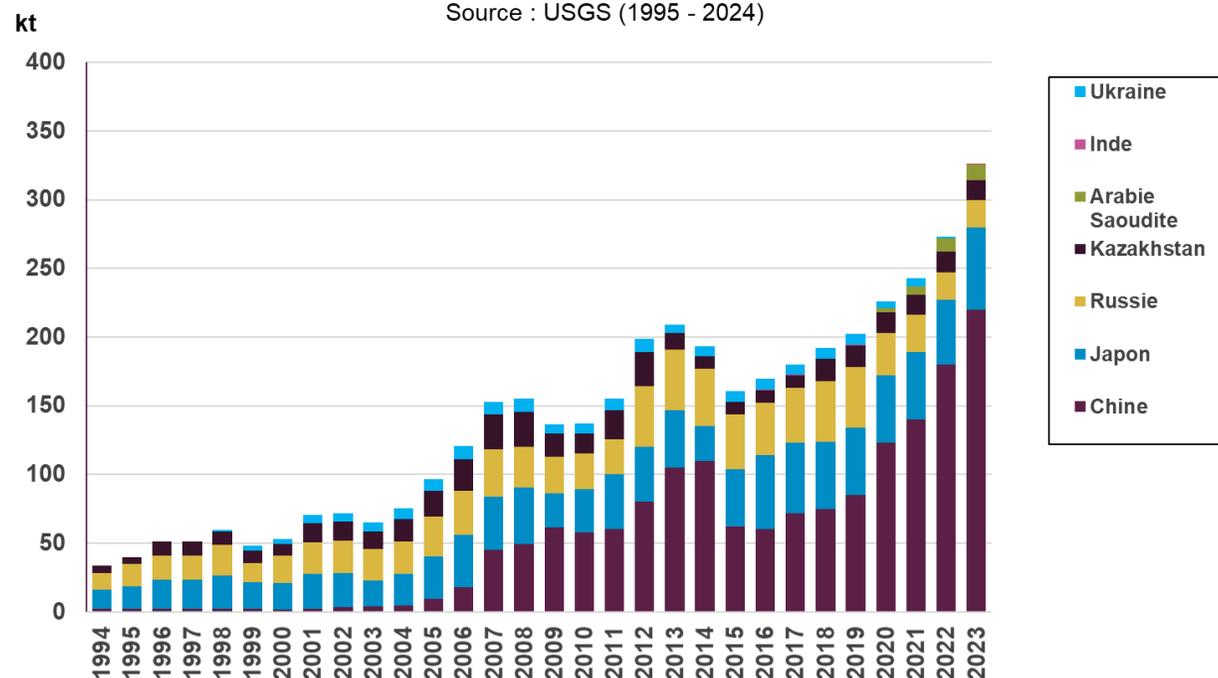
Avertissement

■ Production métallurgique mondiale : ⁴

- Le minerai de titane est principalement transformé en pigment sous forme de dioxyde de titane (TiO₂). Le marché est dominé par la Chine, qui possède plus de la moitié de la capacité de production mondiale (5 500 kt), en hausse. La production de l'Union européenne est d'environ 500 000 tonnes ;
- Pour la production de titane métal, le minerai est d'abord concentré puis transformé en éponges de titane de très haute teneur. Ces éponges sont ensuite fondues sous forme de lingots. La production est limitée à la Chine (deux tiers de la production mondiale), le Japon, la Russie, le Kazakhstan et l'Arabie Saoudite. La production chinoise n'est pas qualifiée pour des applications aéronautiques par les acteurs occidentaux. En 2023, les capacités de production cumulées représentent ≈400 kt/an ;
- Les États-Unis et la Chine se partagent les trois quarts des capacités de fusion de lingots, pour une production d'environ 250 000 tonnes de lingots en 2023.

Évolution de la production mondiale d'éponges de titane

Source : USGS (1995 - 2024)



⁴ USGS, 2024

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

■ Réserves connues et évolution : ⁴

- Les réserves en titane dans le monde sont estimées par l'USGS à 750 Mt équivalent TiO_2 en 2022, soit environ 70 ans de production restante au rythme actuel ;
- La grande majorité de ces réserves identifiées provient de gisements d'ilménite.

■ Répartition géographique des réserves : ⁴

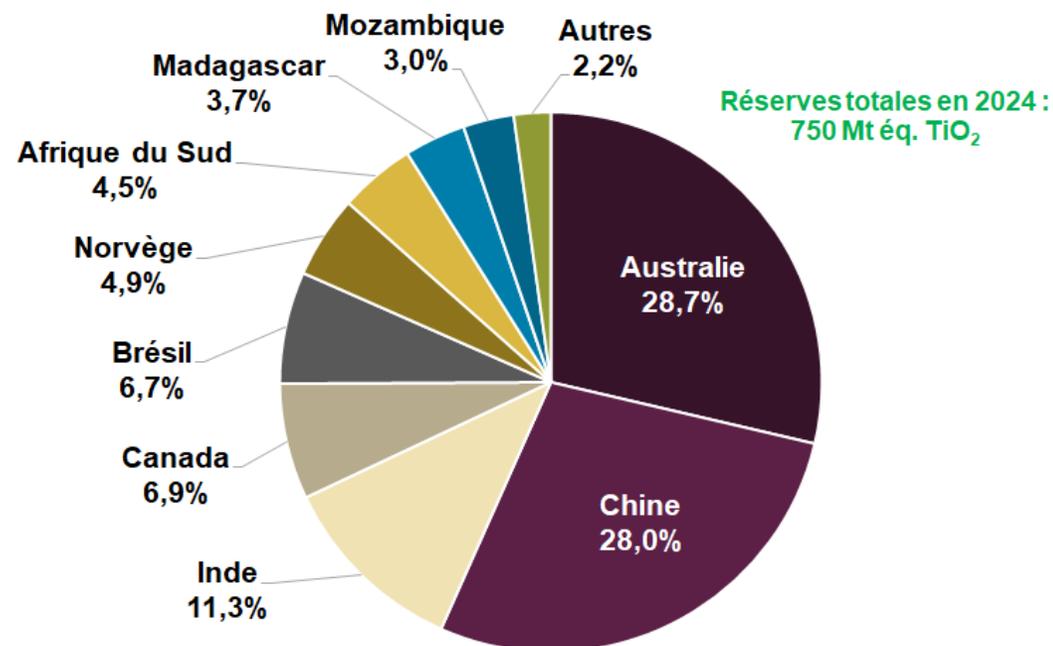
- L'Australie et la Chine se partagent plus de la moitié des réserves mondiales connues à ce jour. Le reste des réserves est réparti dans différentes régions du monde.
- Concentration faible des réserves :

IHH* = 0,17

* Indice Herfindahl-Hirschmann

Répartition des réserves de titane estimées en 2024

Sources : USGS, 2024



22

Ti

titane

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

- **Substitutions possibles avec conservation ou perte de performance** : ^{3,4} **peu satisfaisantes**
 - Il n'existe que peu de matériaux possédant le rapport résistance-poids et la résistance à la corrosion du titane ;
 - Pour les applications nécessitant une résistance à la corrosion : l'aluminium, le nickel, les aciers spéciaux et les alliages de zirconium peuvent le substituer ;
 - Pour les applications nécessitant une haute résistance mécanique : le titane se trouve en concurrence avec l'aluminium, les matériaux composites, les matériaux intermétalliques, l'acier et les superalliages ;
 - Pour les applications médicales : même si le titane est majoritairement utilisé, les prothèses peuvent être réalisées dans différents matériaux comme les aciers inox, le chrome-cobalt, des céramiques ou des polymères ;
 - Pour les applications sous forme de pigment : le TiO_2 peut être substitué par des substances telles que le carbonate de calcium, le kaolin, ou le talc ;
 - Les laitiers et les rutilles synthétiques sont aussi des sources de matières premières pour la production de TiO_2 , de titane métal et de revêtements d'électrodes de soudure.

³ Screen 2

⁴ USGS, 2024

22

Ti

titane

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 secondaire : ^{2, 4}

- Le recyclage du titane est possible mais limité par les usages ;
- Aux États-Unis, les volumes de titane recyclés chaque année ne sont plus communiqués par l'USGS depuis 2019. En 2018, ils étaient évalués à 53,1 kt.

■ Recyclage du titane : ^{3, 6, 7}

- Le recyclage du TiO₂ par l'industrie des pigments est quasi inexistant du fait de ses usages dispersifs (peintures, matières plastiques, etc.) ;
- La grande majorité du titane métal recyclé provient des chutes de fabrication ou des copeaux d'usinage (*new scrap*). Le titane provenant de produits en fin de vie est très difficilement recyclable sous forme de titane pur. Une part des déchets de titane (*old scrap* et *new scrap*) est incorporée pour la fabrication de ferrotitane ;
- Takeda et al. (2020) évaluent le rapport entre le volume de recyclage des produits de titane post-consommation et le volume de production d'éponges de titane comme étant faible (<1 %).

² OFREMI GT titane

³ SCREEN 2

⁴ USGS, 2024

⁶ EC, 2024

⁷ Takeda et al., 2020

22

Ti

titane

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

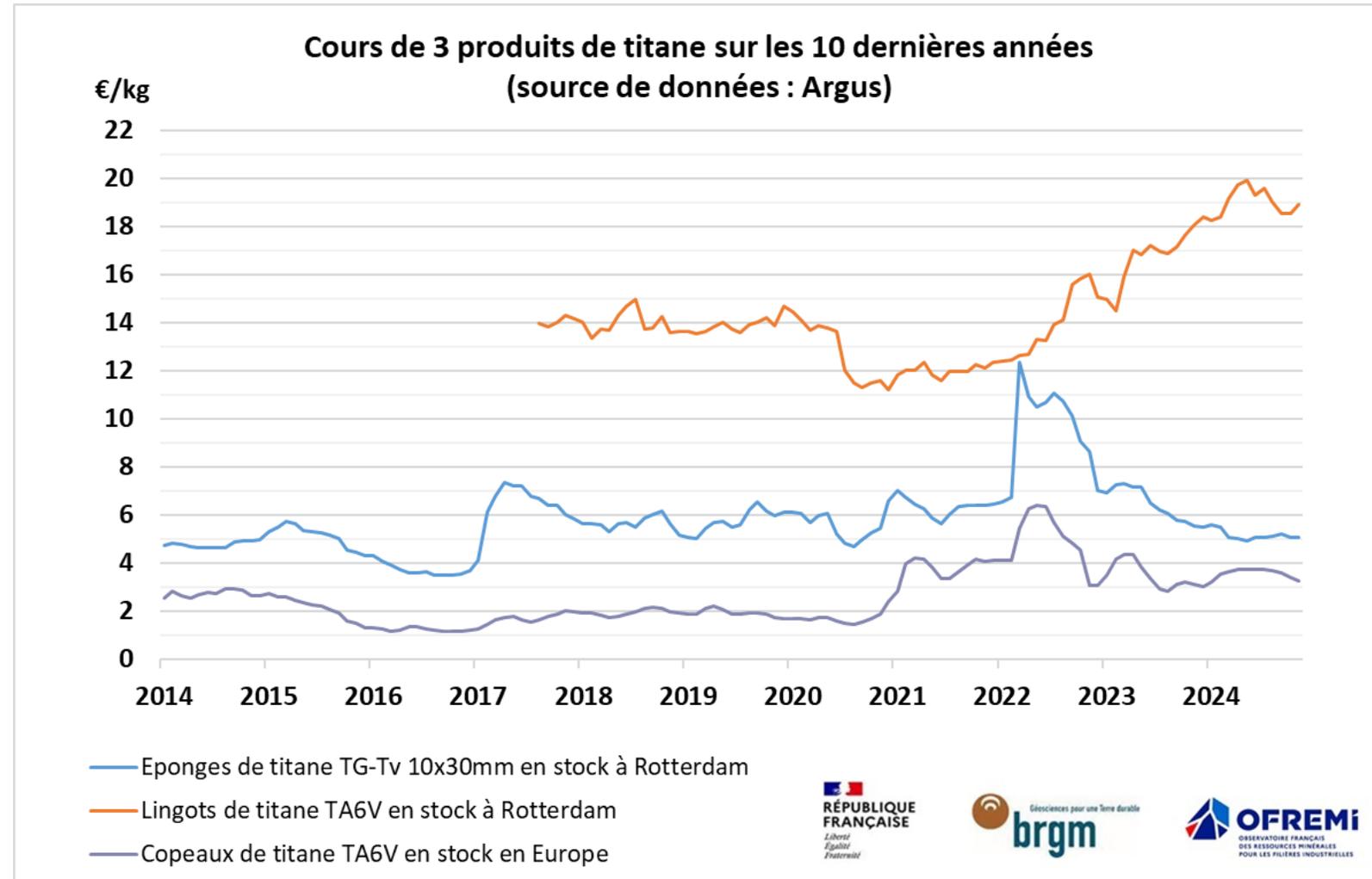


minéralinfo

Établissements des prix :

- Il n'y a pas de cotation sur les marchés boursiers. Les prix sont établis par négociation directe de contrats entre producteurs primaires et transformateurs ou utilisateurs.

Évolution des prix : ⁸



⁸ 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 : ⁹

- En 2022, pour les principaux pays producteurs :
 - minerais et concentrés de titane : licence d'exportation requise au Brésil, à Madagascar, au Sierra Leone ; taxe à l'exportation en Inde (de 2,5% à 10%), au Sénégal et au Sierra Leone (3%) et au Vietnam (de 30 à 40%) ;
 - oxydes de titane : licence d'exportation requise à Madagascar et au Sierra Leone ; taxe à l'exportation au Sénégal et au Sierra Leone (3%), au Vietnam (10%) ;
 - déchets et débris de titane : licence d'exportation requise en Chine et en Israël; taxe à l'exportation en Russie (10%).
- En 2022, pour les principaux pays consommateurs:
 - États-Unis : taxe à l'importation sur les produits titane d'origine chinoise (éponges, lingots, scrap) de 10%.
- Il n'y a pas de restriction internationale en vigueur sur les produits de titane fabriqués et exportés par la Russie. Les États-Unis et l'Union Européenne se sont abstenus jusqu'à aujourd'hui d'imposer des sanctions. Seul le Canada en a imposé à des entités liées au complexe militaro-industriel russe, dont VSMPO-AVISMA, producteur de titane, mais Airbus et Bombardier ont bénéficié d'une dérogation.

■ Réglementation REACH : ¹⁰

- Ni le dioxyde de titane (TiO₂) ni le titane métal ne sont soumis à une restriction ou autorisation dans le cadre de REACH ;
- Depuis le 1er octobre 2021, le dioxyde de titane sous forme de poudre ou présent dans des mélanges contient 1 % ou plus de particules de TiO₂ d'un diamètre ≤10 µm est classé comme cancérigène en cas d'inhalation.

⁹ OCDE, 2024

¹⁰ ECHA, 2024



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 minière :** ¹¹
 - Aucune en France en 2023.
- **Ressources minières :** ¹²
 - Le potentiel reste très limité sur le territoire métropolitain.
- **Production métallurgique :** ²
 - Il n'y a pas de production d'éponges de titane en France.
 - La France produit des lingots de titane (Aubert&Duval et Timet).
- **Production de dioxyde de titane :** ¹³
 - L'usine de Tronox, à Thann produit du TiO_2 .

¹¹ Eramet, résultats annuels, 2023

¹² Gourcerol et al., 2021

² OFREMI, GT titane, 2024

¹³ Tronox, 2023



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



■ Filière métallurgique française : ²

- Aubert&Duval produit du titane métallurgique sous forme de lingots.
- Timet Savoie, filiale de Timet, elle-même filiale du groupe américain PCC, produit du titane métallurgique sous forme de lingots dans son usine située à Ugine (73).

■ Recyclage en France : ²

- La production de titane en France se fait en majorité à partir de matière secondaire issue de chutes de fabrication et de copeaux de titane (new scraps).

22

Ti

titane

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

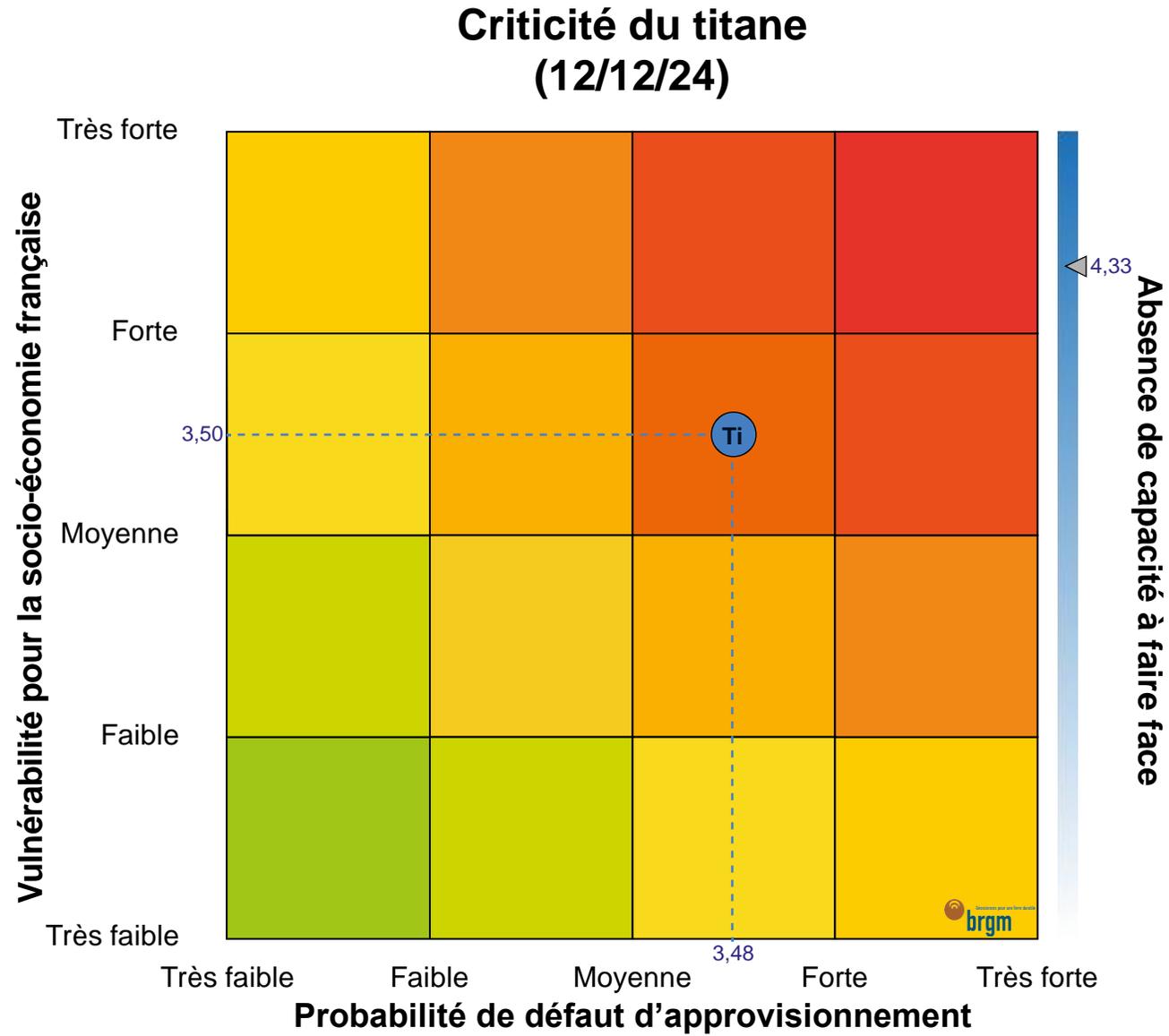
Avertissement



minéralinfo

² OFREMI, GT titane, 2024

■ Evaluation de la criticité du titane :



22
Ti
titane

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 – DANINO-PERRAUD, Etude de veille sur le marché du titane 2021 – 2023
- 2 – OFREMI, GT titane, 2024
- 3 – SCREEN 2, 2023. https://screen.eu/wp-content/uploads/2024/01/SCREEN2_factsheets_TITANIUM_V1.pdf
- 4 – USGS, 2024. Mineral Commodity Summaries, <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/titanium-statistics-and-information>
- 5 – World Mining Data, 2024 https://www.world-mining-data.info/?World_Mining_Data_PDF-Files
- 6 – European Commission, 2024. Can circularity in Titanium metal improve EU strategic autonomy? Scenario modelling with heterogeneous data <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC139576>
- 7 – Takeda et al., 2020. « Recent Progress in Titanium Extraction and Recycling », Metallurgical and Materials Transactions B (51). <https://doi.org/10.1007/s11663-020-01898-6>
- 8 – Argus Metals. <https://metals.argusmedia.com>
- 9 – OECD Inventory of Export Restrictions on Industrial Raw Materials 2024. https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=ExportRestrictions_IndustrialRawMaterials
- 10 – ECHA, 2024. <https://echa.europa.eu/fr/substances-restricted-under-reach>
- 11 – Eramet, site internet et résultats 2023. [Eramet, Groupe minier et métallurgique international – Eramet](https://www.eramet.com/fr/actualites/actualites-eramet/eramet-groupe-minier-et-metallurgique-international-eramet)
- 12 – Gourcerol et al., 2021. Atlas des substances critiques et stratégiques. <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-71133-FR.pdf>
- 13 – Tronox, site internet. [Tronox - An Integrated Producer of Titanium Dioxide – Home](https://www.tronox.com/en/home)

■ Fiche réalisée par :

Paul NOTOM, Ambroise LACHAT, Théo ARNAUD, BRGM

■ Pour toutes questions, remarques ou suggestions :

Contactez le BRGM, service géologique national :
<https://assistance.brgm.fr/formulaire/posez-votre-question?tools=MineralInfo>

22

Ti

titane

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

■ Sources photos :

- (au centre) fragment d'un minéral d'ilménite. www.istockphoto.com/
- (en bas à droite) unité d'extraction de sables minéralisés d'Eramet Grande Côte au Sénégal. <https://www.eramet.com/fr/activites/sables-mineralises/>
- (en haut à droite) avion de passager se préparant pour le vol. www.istockphoto.com/
- (en bas à gauche) peinture blanche à base de pigment de titane. www.istockphoto.com/
- (en haut à gauche) éponge de titane 99,9 %. www.istockphoto.com/



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 :

Paul NOTOM, Ambroise LACHAT, Théo ARNAUD, BRGM

■ Pour toutes questions, remarques ou suggestions :

Contactez le BRGM, service géologique national :

<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 minière 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 minière. 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 minière.

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