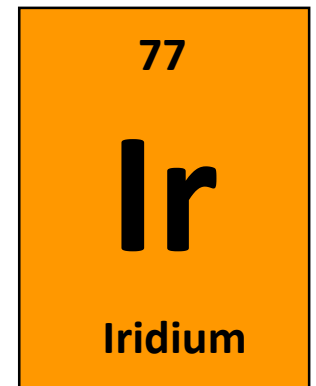


Fiche de criticité

- Iridium



Version : Septembre 2020

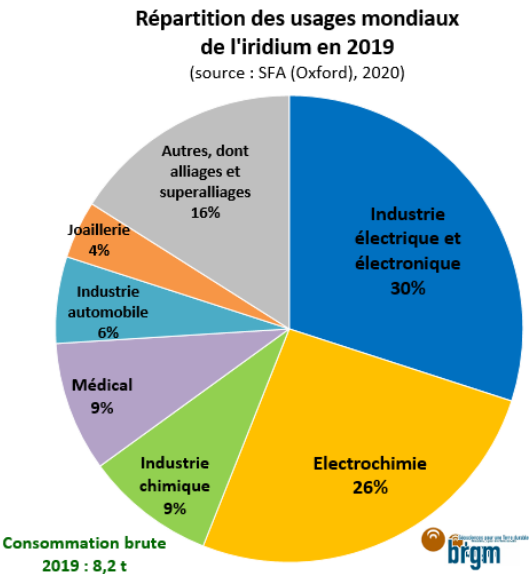


Géosciences pour une Terre durable
brgm

comes
Comité pour les métaux stratégiques

■ Principaux usages du ruthénium dans le monde en 2019¹ :

- **Industrie Electrique et Electronique (30%)** : contacteurs techniques, creusets pour cristaux, LEDs, etc.
- **Electrochimie (26%)** : production de chlore et de soude par électrolyse, électrodes, anti-corrosion, etc.
- **Industrie chimique (9%)** : catalyse pour la synthèse d'acide acétique, creusets, etc.
- **Médical (9%)** : pacemakers, sondes médicales, isotopes radioactifs, etc.
- **Industrie automobile (6%)** : échappements des moteurs à injection directe, bougies d'allumage, etc.
- **Joannerie (4%)** : alliages pour bijoux, etc.
- **Autres (16%)** : alliages et superalliages, stylos plumes, compas, etc.



■ Perspectives d'évolution de la consommation globale : positives à moyen et long terme

- L'utilisation principale de l'iridium réside dans l'électronique, notamment au sein des écrans d'appareils numériques. Avec le développement de la technologie 5G, l'iridium devrait avoir un rôle encore plus important à jouer dans un contexte de prolifération des appareils numériques (téléphones, tablettes, écrans, etc...).
- Dans les électrolyseurs (production d'hydrogène à partir de l'électrolyse de l'eau) basses températures à membrane polymère échangeuse de proton (PEM), l'anode est composée d'IrO₂. Cette technologie, relativement mature, devrait se déployer rapidement en raison d'une demande de plus en plus forte des piles à combustible.
- L'iridium peut être combiné à du platine pour créer un alliage très dur et résistant à la corrosion. Cet alliage utilisé par le passé, représente aujourd'hui un coût relativement élevé. Cependant la baisse du prix du platine pourrait conduire à un regain d'intérêt pour cet alliage, et donc pour l'iridium.

¹ SFA (Oxford), 2020



Données

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

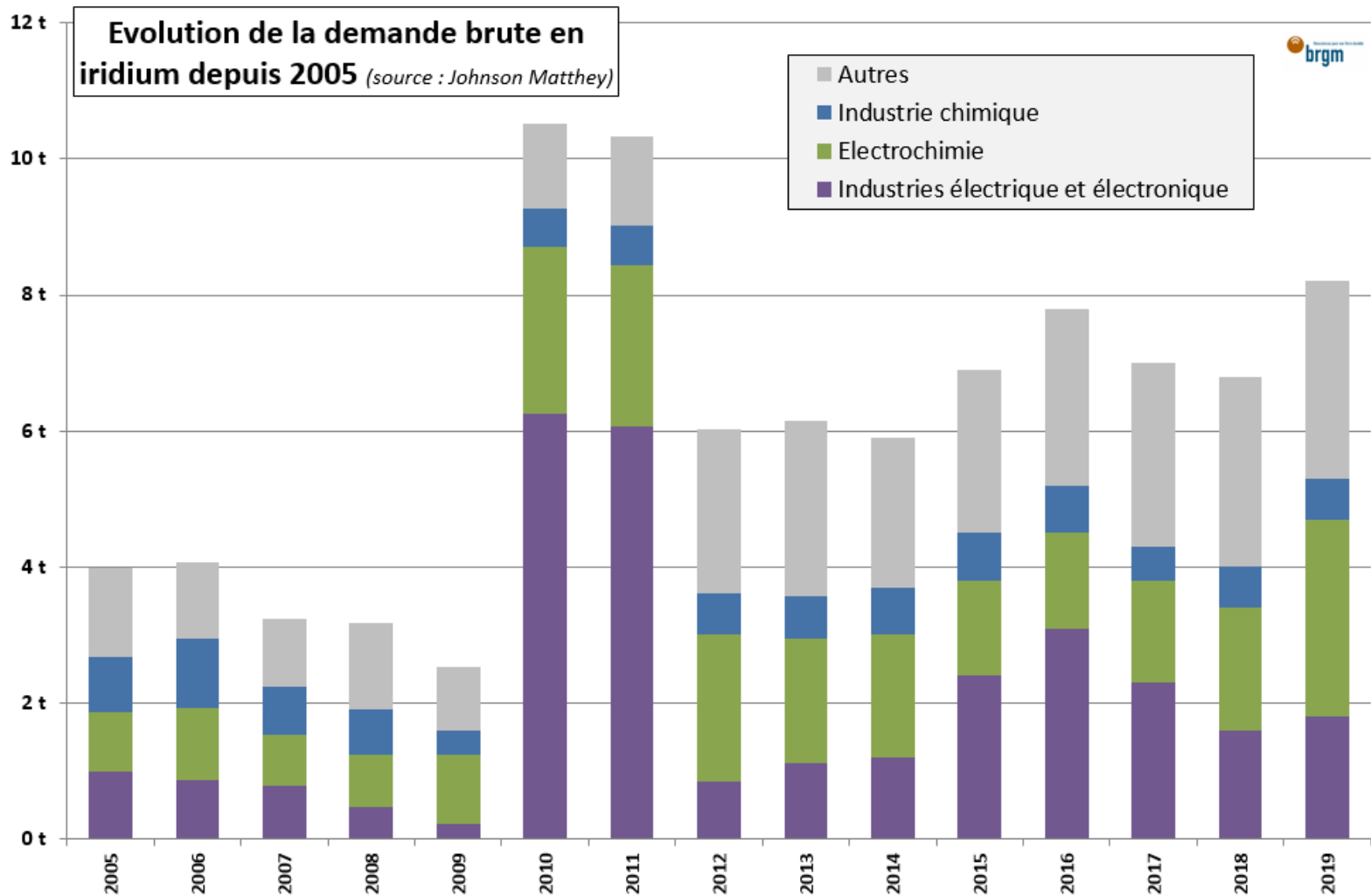
Matrice de criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



Evolution de la demande depuis 2005²:



² Johnson Matthey, 2005-2020

77

Ir

Iridium

Données

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

Matrice de criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



- **La substance est-elle un sous-produit ? Oui**
 - *En totalité* en sous-produit minoritaire d'autres platinoïdes, notamment du platine
- **Production minière mondiale 2018² :**
 - La production globale d'iridium n'est pas publiée, mais étant donné sa consommation et en faisant l'hypothèse que le marché est globalement équilibré (stocks relativement faibles), on peut estimer que la production annuelle est d'environ 8 t en 2019*
- **Principaux pays producteurs miniers d'iridium en 2018**³ :**
 - Afrique du Sud, Zimbabwe, Russie, Etats-Unis, Canada, Chine
 - La production d'iridium n'est que rarement reportée par les producteurs miniers, notamment en Amérique du Nord, en Russie ou en Chine. Il est très difficile d'obtenir des données précises sur la production de ce métal
 - Concentration très élevée : **non disponible**
- **Production métallurgique mondiale d'iridium métal 2018**³ :**
 - La production métallurgique primaire est à peu près équivalente à la production minière (les producteurs miniers déclarent le platine produit métallurgiquement ou le platine payable, donc récupérable).
 - Production primaire estimée en 2019 : **entre 8 et 8,5 t Ir**
 - Production secondaire : extrêmement marginale par rapport à la production primaire mais le taux global de recyclage en fin de vie a été estimé entre 20 et 30%⁴
 - Répartition : les principaux producteurs sont les sociétés Anglo American Platinum (Afrique du Sud), Sibanye-Stillwater (Afrique du Sud), Impala Platinum (Afrique du Sud), Northam Platinum (Afrique du Sud), Norilsk Nickel-Nornickel (Russie) etc.

* Estimation d'après les données de consommation de Johnson Matthey, 2020

** Estimation d'après les rapports annuels des compagnies minières

² Johnson Matthey, 2020

³ BRGM, 2014

⁴ Graedel et al., UNEP, 2011



Données

1 – Usages et consommation

2 – Production mondiale et ressources

3 – Substituabilité

4 – Recyclage

5 – Prix

6 – Restrictions au commerce international, réglementations

7 – Production française primaire et secondaire - ressources

8 – La filière industrielle en France

9 – Commerce extérieur et consommation française

Matrice de criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



■ **Réserves connues et évolution^{5,6}:**

- **69 kt de platinoïdes** (>200 ans de la production de 2019)
- Il y a peu d'évaluations exhaustives et vérifiables des réserves minières en iridium directement. On peut en revanche grossièrement **estimer à 1,5 kt d' Ir** les réserves mondiales (<175 ans de la production de 2019).

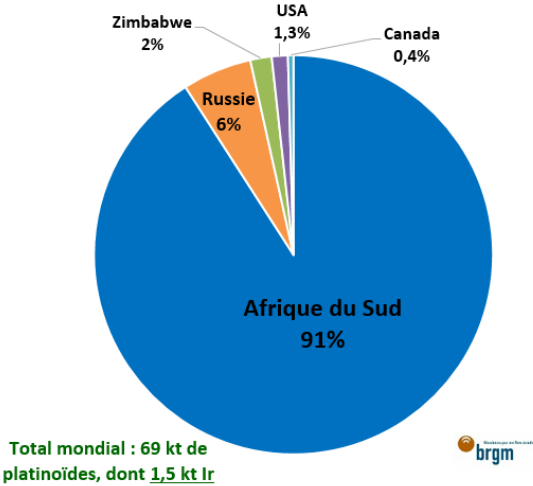
■ **Répartition géographique des réserves⁶ :**

- En plus de posséder la quasi-totalité des réserves mondiales en platinoïdes (91%), l'Afrique du Sud détient des teneurs très intéressantes en iridium puisqu'il représente en moyenne 8,8% des platinoïdes produits (moyenne des niveaux minéralisés UG2, Merensky et Platreef). L'Afrique du Sud possède donc 96% des réserves mondiales d'iridium, soit 1 386 t, loin devant le Zimbabwe (29 t) et la Russie (27 t).
- Concentration extrêmement élevée des réserves en platinoïdes (**IHH = 0,83**) et encore plus en iridium (**IHH = 0,92**)

■ **Perspectives d'évolution de la production :**

- L'Afrique du Sud reste de très loin le producteur majeur d'iridium dans le monde. Cependant il s'agit d'un pays à risque dont la santé économique repose en grande partie sur son industrie minière, qui est notamment dépendante de l'électricité produite et distribuée par Eskom, qui souffre de grosses coupures pouvant obliger certains acteurs à stopper la production momentanément.
- L'iridium est obtenu comme sous-produit du platine. **Avec les prix actuels du platine, aucune mine n'est rentable économiquement.** Toutes travaillent à perte. Avec l'industrie du platine sur le déclin, la production d'iridium est donc inévitablement en danger.
- **Les projets miniers concernant** l'extraction des platinoïdes souhaitent délaissé les niveaux de l'UG2 et du Merensky, **au profit du Platreef**, où l'extraction des platinoïdes est **plus rentable** grâce à une exploitation à ciel ouvert et donc un coût d'exploitation plus faible. Mais, le Platreef a une **teneur moindre** en iridium que les deux autres niveaux, ce qui devrait impacter à la baisse la production.

Estimation des réserves de platinoïdes en 2019
(Source : USGS, 2020)



Données

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

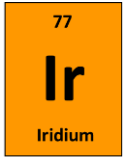
Matrice de criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



⁵ USGS, 2020
⁶ Heraeus & SFA (Oxford) LTD, 2020



Données

1 – Usages et consommation

2 – Production mondiale et ressources

3 – Substituabilité

4 – Recyclage

5 – Prix

6 – Restrictions au commerce international, réglementations

7 – Production française primaire et secondaire - ressources

8 – La filière industrielle en France

9 – Commerce extérieur et consommation française

Matrice de criticité

Pour aller plus loin

Avertissement

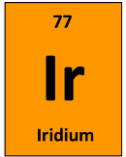


- **D'une manière générale,** les platinoïdes sont partiellement substituables entre eux. Cette substitution s'accompagne toutefois d'une perte d'efficacité ou de coûts plus élevés⁷.

Substitutions de substances :

- Electrodes : mercure, ruthénium, platine
- Alliages et superalliages : ruthénium, molybdène, niobium, tungstène, rhénium
- Applications nécessitant une résistance à la corrosion : verre, molybdène, nickel, platine, titane, acier inoxydable et zirconium
- Creusets : platine, rhénium

⁷ International Platinum Group Metals Association, 2019



Données

1 – Usages et consommation

2 – Production mondiale et ressources

3 – Substituabilité

4 – Recyclage

5 – Prix

6 – Restrictions au commerce international, réglementations

7 – Production française primaire et secondaire - ressources

8 – La filière industrielle en France

9 – Commerce extérieur et consommation française

Matrice de criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



■ Taux de recyclage^{8,9} :

- **Compte tenu de leurs prix élevés, les platinoïdes sont relativement bien récupérés et recyclés**
- L'iridium est plus difficile à recycler que les autres platinoïdes mais des méthodes innovantes sont actuellement testées dans ce but. Les producteurs japonais sont en particulier à l'origine de ces avancées.
- Le recyclage de l'iridium est marginal comparé à la proportion primaire annuelle.
- L'iridium est principalement recyclé à partir des catalyseurs ou des retours d'alliages industriels.
- Recyclage en croissance depuis la fin des années 1980.

⁸ Umicore, 2019

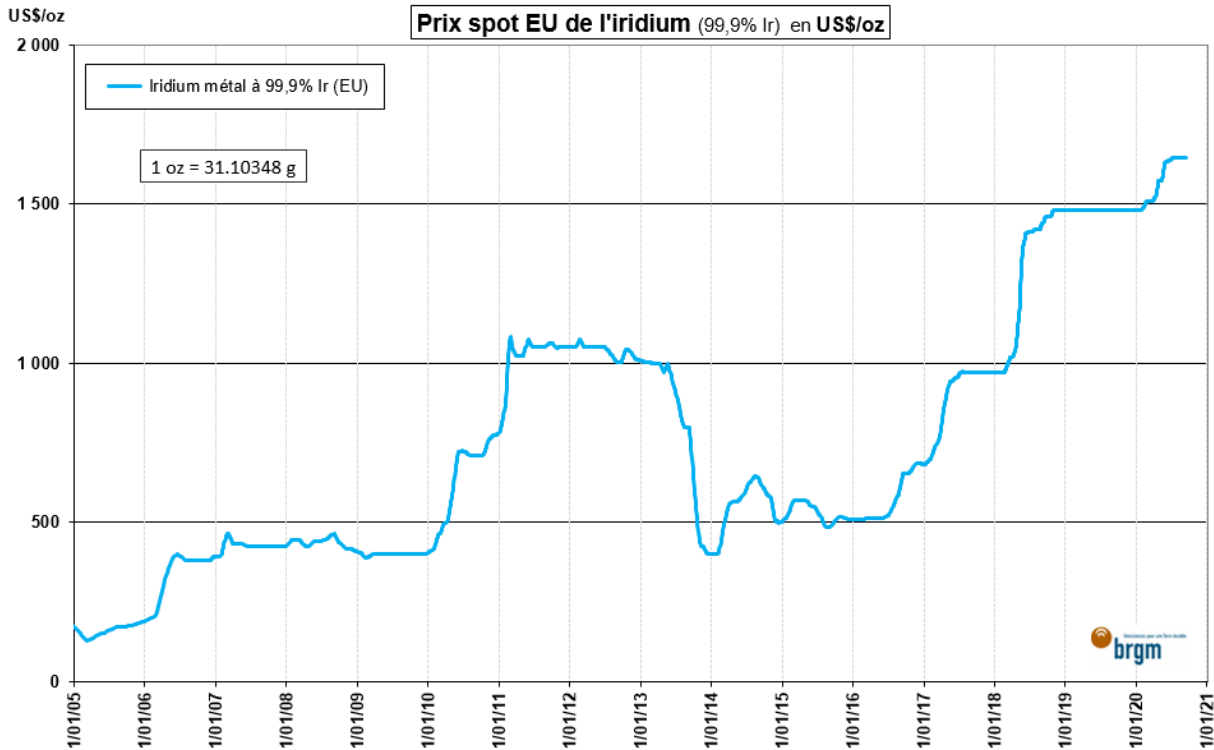
⁹ Tanaka, 2018

■ **Établissements des prix¹⁰ :**

- **Pas de cotation publique** sur les marchés boursiers. Prix établis par négociations directes de contrats entre producteurs et transformateurs ou utilisateurs. Fourchettes de prix publiées quotidiennement par Argus Media, à partir des données de Johnson Matthey

■ **Variations des prix :**

- Prix moyen 2020 (janvier-août 2020) : **1 575 US\$/oz**
- Évolution du prix sur 1 an: **+ 11,1%**
- Evolution du prix depuis 2004: **+ 702,4%**
- Ordre de grandeur de la valeur du marché de l'Ir métal (50 250 450US\$/t, prix moyen 2019 × 8,2 t, production métallurgique en 2019) : **412 M US\$**



Données

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

Matrice de criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



¹⁰ Argus Media

■ **Restrictions au commerce international :**

- Pas de restrictions au commerce international
- Les pays producteurs majeurs, Afrique du Sud et Russie, sont classés à risque moyen à médiocre dans les classifications des risques pays (Coface, OCDE, Fraser Institute)

■ **Réglementation REACH¹¹ :**

- L'iridium sous forme métal est a priori quelque peu toxique pour l'homme. Il est enregistré dans REACH pour son caractère irritant lorsque sous forme de poudre et parce qu'il représente également un risque de combustion non négligeable. Des composés dérivés de l'iridium sont également enregistrés pour leur toxicité par voie orale.



Données

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

Matrice de criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



¹¹ ECHA, juillet 2020

- **Production minière française :**
 - Production non publiée, uniquement issue du recyclage.
- **Production métallurgique primaire française :**
 - Pas de producteur français d’iridium raffiné
- **Recyclage en France^{3,4} :**
 - Il n’y a que très peu de données disponibles sur le recyclage de l’Ir. Néanmoins, les teneurs en Ir des alliages utilisés dans les catalyseurs seraient comprises entre 100 et 3 000 ppm. Les anodes composées de dioxydes d’iridium contenues dans les électrolyseurs à technologie PEM pourraient également être recyclées
 - Le taux de recyclage du matériel médical (sondes, outils etc.) a été estimé entre 5 et 10%
 - Le gisement annuel collectable en France et le gisement annuel collecté n’ont pas été estimés



Données

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

Matrice de criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



³ BRGM, 2014
⁴ Graedel et al., UNEP, 2011

■ Commerce extérieur français¹² :

	2018			2019			Evolution 2018-2019		Principaux partenaires en 2019 (% des tonnages)
	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	En valeur	En masse	
Iridium, osmium et ruthénium, sous formes brutes ou en poudre (71104100)									
Exportations	84,3 k€	0,002 t	42154 €/kg	44,2 k€	0,002 t	22109 €/kg	-47,6%	0,0%	Autres 100%
Importations	2 057,8 k€	0,959 t	2146 €/kg	3 765,1 k€	4,408 t	854 €/kg	83,0%	359,6%	Allemagne 90%, Roy.-Uni 6%
Solde	-1 973,5 k€	-0,957 t		-3 720,9 k€	-4,406 t				
Iridium, osmium et ruthénium, sous formes mi-ouvrées (71104900)									
Exportations	37,0 k€	0,035 t	1057 €/kg	366,2 k€	0,063 t	5813 €/kg	889,9%	80,0%	Suisse 87%, Allemagne 11%
Importations	542,7 k€	1,202 t	451 €/kg	635,0 k€	0,168 t	3780 €/kg	17,0%	-86,0%	États-Unis 68%, Roy.-Uni 22%, Allemagne 12%
Solde	-505,7 k€	-1,167 t		-268,7 k€	-0,105 t				
Cumul tous produits où du ruthénium est identifié (formes brutes, en poudre ou mi-ouvrées)									
Exportations	121,3 k€	0,037 t		410,5 k€	0,065 t		238,4%	75,7%	
Importations	2 600,4 k€	2,161 t		4 400,1 k€	4,576 t		69,2%	111,8%	
Solde	-2 479,1 k€	-2,124 t		-3 989,7 k€	-4,511 t		60,9%	112,4%	

- Les nomenclatures douanières regroupent 3 platinoïdes (ruthénium, iridium et osmium) mais la proportion d’iridium concernée est inconnue et la quantité d’iridium échangée ne peut donc pas être calculée (de même pour le ruthénium et l’osmium), même si au vu de la taille de leur marché respectif, il est probable que Ru>Ir>Os.



Données

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

Matrice de criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



¹² www.lekiosque.finances.gouv.fr

- **Consommation française apparente en 2019** (production + importations – exportations) ¹² :
 - Le Kiosque de Bercy indique une consommation française apparente de **4,5 t de Ir**, mais étant donné que l’iridium est mélangé avec le ruthénium et l’osmium, ce chiffre est très peu significatif. Il est même évidemment faux lorsqu’on se souvient de la consommation mondiale d’iridium qui est de 8,2 t.
 - En gardant ce chiffre pour l’iridium et le ruthénium (la part d’osmium est marginale), et en sachant que le ruthénium représente un marché mondial 4,5 fois plus grand (consommation mondiale en 2019 de ruthénium : 36,5 t), on peut alors estimer la consommation française apparente en Ir à **0,8 t** environ, soit environ 1/10 de la consommation mondiale.



Données

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

Matrice de criticité

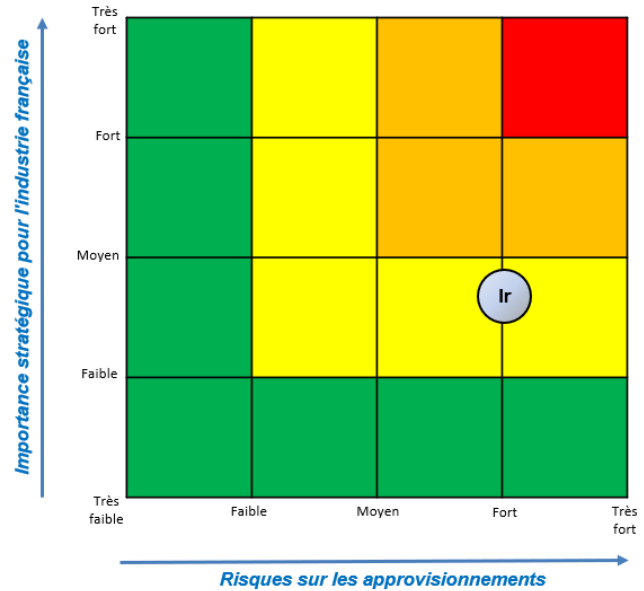
Pour aller plus loin

Avertissement



¹² www.lekiosque.finances.gouv.fr

■ **Positionnement de l’iridium**



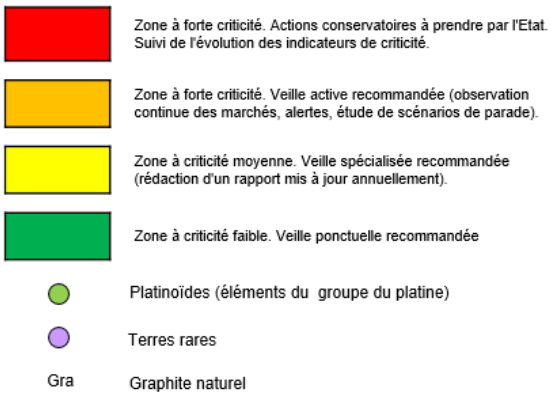
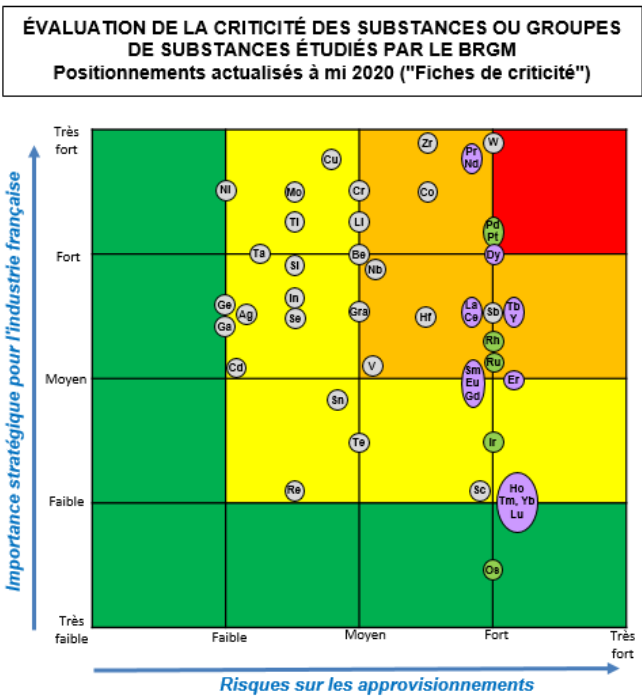
■ **Importance économique de l’iridium**

- L’iridium possède une importance économique moindre que les autres platinoïdes mais son utilisation connaît une croissance ces dernières années. De nouvelles utilisations de l’iridium pourraient relancer son intérêt économique dans le futur.

■ **Risques sur les approvisionnements**

- Il existe un risque très élevé sur l’approvisionnement en iridium tant l’Afrique du Sud contrôle la production. Les réglementations en vigueur, les politiques locales et les actions syndicales sont à observer de près.

■ **Matrice de criticité générale**



Données

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

Matrice de criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



Sources :

- 1 SFA Oxford, 2020 : <https://www.sfa-oxford.com/>
- 2 Johnson Matthey, 2020 : <https://matthey.com/en/>
- 3 BRGM, 2014 ; Panorama 2012 du marché des platinoïdes : <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-63169-FR.pdf>
- 4 Graedel et al., UNEP, 2011 : Recycling rates of metals, a status report. Global Metal Flows working group of the International Panel on Sustainable Resource Management
- 5 USGS, 2020. Platinum-Group Metals Statistics and Information : <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-platinum.pdf>
- 6 The palladium standart 2020, Heraeus & SFA (Oxford) Ltd, septembre 2020 : https://www.heraeus.com/en/hpm/market_reports/the_palladium_standard/the_palladium_standard.html
- 7 International Platinum Group Metals Association : <https://www.usgs.gov/centers/nmic/niobium-columbium-and-tantalum-statistics-and-information>
- 8 Umicore, 2019 : <http://www.umicore.com/>
- 9 Tanaka, 2018 : <https://www.nrcan.gc.ca/>
- 10 Argus Media : <https://metals.argusmedia.com/>
- 11 ECHA, 2020 : <https://echa.europa.eu/>
- 12 Le kiosque de Bercy, www.lekiosque.finance.gouv.fr

En complément :

- L'Élémentarium, Société Chimique de France : www.lelementarium.fr

Fiche réalisée par :

- Mathieu Leguérinel, en collaboration avec Aryn Bouallou, BRGM

Pour toutes questions :

- Contactez le BRGM, service géologique français, sur le portail mineralinfo : <http://www.mineralinfo.fr/contact>



Données

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

Matrice de criticité

Pour aller plus loin

Avertissement



Les informations, chiffres et graphiques figurant dans la présente "fiche de synthèse sur la criticité" sont extraites de bases données construites à partir des meilleures sources ouvertes de données, internationalement reconnues. Certaines sont gratuites, d'autres ne sont accessibles que sur abonnement. Les sources utilisées sont précisées sur chaque fiche.

Il faut cependant savoir que de nombreux problèmes affectent la qualité des données disponibles sur l'industrie minérale mondiale et sur les nombreux maillons des chaînes de valeur qui en dépendent. Certains pays, parmi lesquels la Chine, aujourd'hui le principal producteur mondial d'un certain nombre de matières premières minérales, ne publient guère de données statistiques relatives à leur industrie minérale, et les données qui sont publiées ne sont pas toujours vérifiables. Dans certains pays, des règles interdisent la publication de données de production ou de réserves lorsque cette publication pourrait divulguer des données considérées comme confidentielles par des entreprises productrices, dès lors que le nombre restreint de producteurs nationaux est restreint au point que la publication des données de production pourrait amener à dévoiler la stratégie industrielle de ces producteurs. C'est le cas par exemple aux États-Unis et en France. Toutes les entreprises n'ont pas non plus les mêmes obligations de rapportage de leurs activités, ces obligations étant très faibles ou nulles pour les entreprises non cotées en bourse, financées par des capitaux privés ("private equity"). Et tous les États n'imposent pas non plus les mêmes obligations de transparence aux entreprises établies sur leurs territoires.

Certaines données de production, consommation ou échanges proviennent des statistiques du commerce mondial, basées sur la nomenclature statistique internationale des produits définie par l'Organisation Mondiale des Douanes, et sur les déclarations d'importations et d'exportations fournies par les douanes de chaque pays, centralisées dans la base de données "Comtrade" des Nations Unies. Ces données sont cependant, elles aussi, 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. De plus, ces données ne fournissent pas 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 pour des applications de haute technologie. La fiabilité de certaines données peut être douteuse lorsque celles-ci proviennent de simples déclarations par les autorités de pays producteurs 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 (Birmanie, etc.).

Ces limitations peuvent cependant être parfois 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 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'information spécialisées, accessibles uniquement sur abonnement, telles qu'Industrial Minerals (pour les minéraux industriels), Argus Media, Fast Market 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 au traitement des données et des informations auxquelles il a accès, les chiffres doivent le plus souvent être considérés comme des ordres de grandeur. Ce sont les évolutions temporelles, les dynamiques qui traduisent le 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.

En tout état de cause le BRGM et le COMES 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.