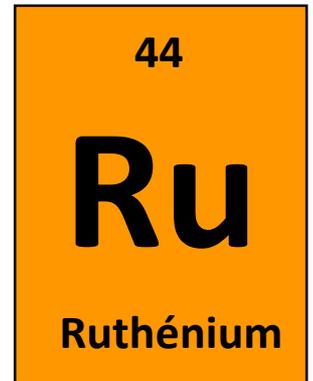


# Fiche de criticité

-

# Ruthénium



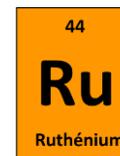
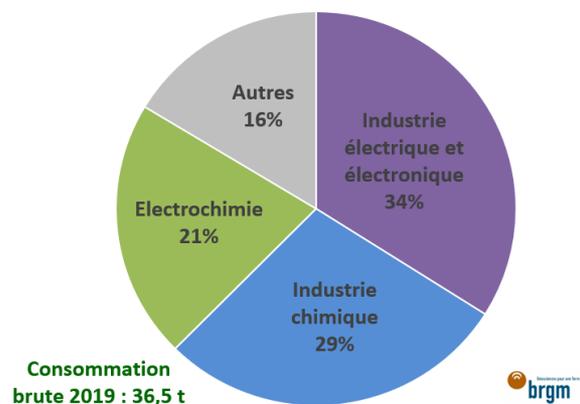
Version : Septembre 2020

## ■ Principaux usages du ruthénium dans le monde en 2019<sup>1</sup> :

- **Industrie électrique et électronique (34%)** : disques durs, contacteurs, puces résistives, thermostats, panneaux solaires etc.
- **Industrie chimique (29%)** : raffinage dans l'industrie pétrolière, catalyse pour la synthèse d'ammonium ou encore d'acide acétique, désinfectants etc.
- **Electrochimie (21%)** : production de chlore et de soude par électrolyse, piles à combustible etc.
- **Autres (16%)** : alliages et superalliages dans l'aéronautique, renforcement anti-corrosion du titane, couronnes dentaires etc.

## Répartition des usages mondiaux du ruthénium en 2019

(source : Johnson Matthey, 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

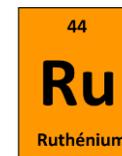
## Avertissement



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

- **Forte croissance** de l'usage des **disques durs et des puces résistives**, entraînant un maintien de la consommation de ruthénium sur le court terme tant que l'avantage coût de la technologie HDD persiste. A plus long terme, le passage de la technologie HDD à la technologie SSD (ne contenant pas de Ru) pourrait cependant entraîner une baisse de la consommation de ruthénium.
- Le ruthénium permet d'obtenir des superalliages de meilleure qualité avec des propriétés plus intéressantes pour des applications dans l'aéronautique. Avant le Covid-19, l'utilisation des superalliages affichait une perspective de croissance de 7% jusqu'en 2027 mais l'épidémie est susceptible de fortement freiner son déploiement. On attend une reprise du secteur aérien pour 2025.
- Fort d'une très bonne capacité catalytique, le ruthénium est grandement utilisé dans l'industrie chimique où son usage devrait grandir au fil des ans.

<sup>1</sup> Johnson Matthey, 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

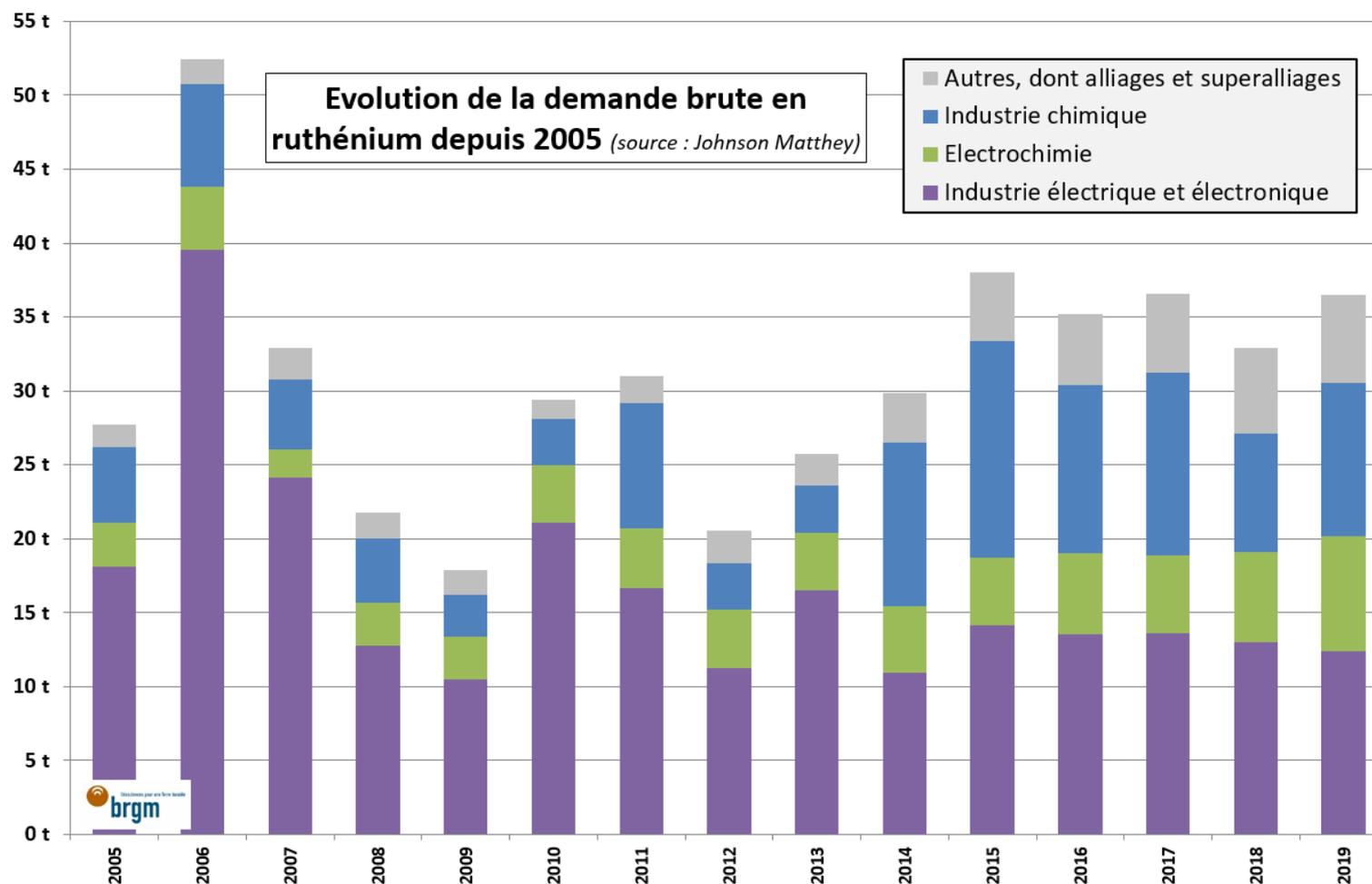
## Matrice de criticité

## Pour aller plus loin

## Avertissement



## Evolution de la demande depuis 2005<sup>1</sup>:



<sup>1</sup> Johnson Matthey, 2005-2020

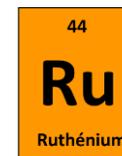
- **La substance est-elle un sous-produit ? Oui**
  - *En totalité* en sous-produit minoritaire d'autres platinoïdes, notamment du platine
- **Production minière mondiale 2019 :**
  - La production globale de ruthénium n'est pas publiée, mais étant donné sa consommation et en faisant l'hypothèse que le marché est globalement équilibré (stocks relativement faibles), on peut estimer que la production annuelle a été comprise entre **37 et 42 t Ru** en 2019\*
- **Principaux pays producteurs miniers de ruthénium en 2018\*\* , 2 :**
  - Afrique du Sud, Zimbabwe, Russie, Etats-Unis, Canada, Chine
  - La production de ruthénium 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 de ruthénium métal 2018\*\* , 2 :**
  - La production métallurgique primaire est à peu près équivalente à la production minière (les producteurs miniers déclarent souvent les platinoïdes produits métallurgiquement ou les platinoïdes payables, donc récupérables).
  - Production primaire estimée en 2019 : **environ 40 t Ru**
  - Production secondaire<sup>3</sup> : **20 t environ** (recyclage estimé à 50% de la production primaire)
  - 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

<sup>2</sup> BRGM, 2014

<sup>3</sup> Umicore, 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



### ■ Réserves connues et évolution<sup>4,5</sup>:

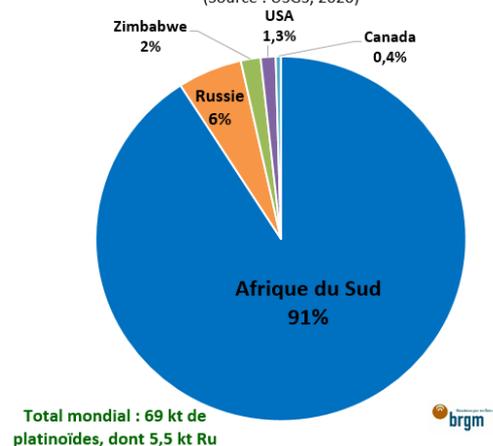
- **69 kt de platinoïdes** (>200 ans de la production de 2019) selon l'USGS
- Il y a pas d'évaluations exhaustives et vérifiables des réserves minières en ruthénium directement. On peut en revanche grossièrement **estimer à 5,5 kt de Ru** les réserves mondiales (<150 ans de la production de 2018).

### ■ Répartition géographique des réserves<sup>6</sup> :

- En plus de posséder la quasi-totalité des réserves mondiales en platinoïdes (91%), l'Afrique du Sud détient des teneurs très intéressantes en ruthénium puisqu'il représente en moyenne 2,2% des platinoïdes produits (moyenne des niveaux minéralisés UG2, Merensky et Platreef). L'Afrique du Sud possède donc 98% des réserves mondiales de ruthénium, soit 5 540 t, loin devant le Zimbabwe (60 t) et la Russie (43 t).
- Concentration extrêmement élevée des réserves en platinoïdes (**IHH = 0,83**) et encore plus en ruthénium (**IHH = 0,96**)

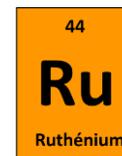
Estimation des réserves de platinoïdes en 2019

(Source : USGS, 2020)



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

- L'Afrique du Sud reste de très loin le producteur majeur de ruthénium 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.
- Le ruthénium 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 de ruthénium est donc inévitablement en danger.
- **Les projets futurs concernant** l'extraction des platinoïdes souhaitent délaissier 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. Or, le Platreef a une **teneur moindre** en ruthénium que les deux autres niveaux, ce qui devrait impacter à la baisse la production.



#### 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



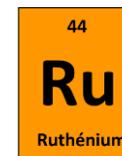
<sup>4</sup> USGS, 2020

<sup>5</sup> Heraeus & SFA (Oxford) LTD, 2020

- **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 élevés<sup>6</sup>.

### Substitutions de substances :

- Electrodes : mercure, iridium, platine
- Superalliages : iridium, molybdène, niobium, tungstène, rhénium
- Applications nécessitant une résistance à la corrosion : verre, molybdène, nickel, platine, titane, acier inoxydable et zirconium
- Prothèses : titane, céramique, chrome, cobalt



### 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

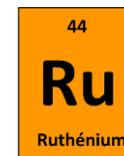
### Avertissement



<sup>6</sup> International Platinum Group Metals Association, 2019

### ■ Taux de recyclage<sup>3,7</sup> :

- **Compte tenu de leurs prix élevés, les platinoïdes sont relativement bien récupérés et recyclés**
- Le ruthénium est toutefois plus difficile à recycler mais des méthodes innovantes sont actuellement testées dans ce but. Les producteurs japonais sont en particulier à l'origine de ces avancées.
- Plus de **50% du ruthénium** utilisé est recyclé, notamment lors des utilisations en tant qu'agent catalytique.
- Recyclage en croissance depuis la fin des années 1980.



#### 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



<sup>3</sup> Umicore, 2019

<sup>7</sup> Tanaka, 2018



### 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

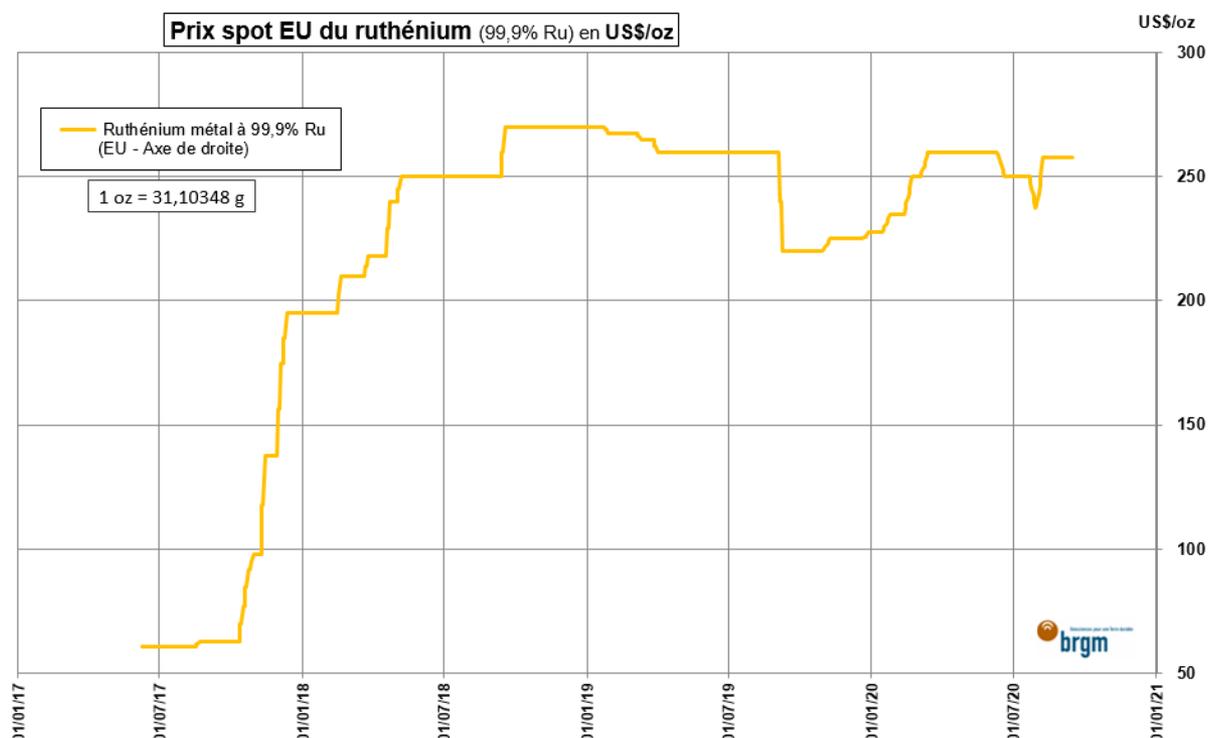


## Établissements des prix<sup>8</sup> :

- **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 prix publiés par Johnson Matthey.

## Variations des prix :

- Prix moyen 2020 (janvier-août 2020) : **251 US\$/oz**
- Évolution du prix sur 1 an: **- 7,9%**
- Evolution du prix depuis 2004: **+ 503,1%**
- Ordre de grandeur de la valeur du marché du Ru métal (8 828 000 US\$/t, prix moyen 2019 × 36,5 t, production métallurgique en 2019) : **322 M US\$**



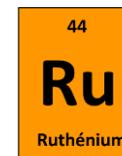
<sup>8</sup> Argus Media, d'après les prix publiés par Johnson Matthey

### ■ 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 REACH<sup>9</sup> :

- Le ruthénium sous forme métal ne présente à priori pas de danger pour la santé mais certains de ses composés sont enregistrés dans REACH et présentent certains dangers (combustible, brûlure, toxicité pour la vie aquatique etc.). Néanmoins, la plupart des composés contenant du ruthénium sont classés comme dangereux pour d'autres substances contenues, comme le chlore (ex : chlorure de ruthénium hydraté)
- Par ailleurs, les boues issues du raffinage électrolytique du cuivre ou du nickel, qui sont retraitées pour en extraire les sous-produits mineurs (Se, Te, métaux précieux dont Ru) sont listées dans les appendices 5 et 6 de l'Annexe XVII et sont considérées comme très dangereuses pour l'Homme et l'environnement



#### 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

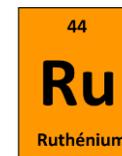
#### Matrice de criticité

#### Pour aller plus loin

#### Avertissement



<sup>9</sup> ECHA, juillet 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



- **Production minière française :**
  - Production non publiée, uniquement issue du recyclage.

- **Production métallurgique primaire française :**
  - Pas de producteur français de ruthénium raffiné

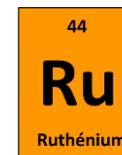
- **Recyclage en France<sup>2</sup> :**
  - Il n'y a que très peu de données disponibles sur le recyclage du Ru. Néanmoins, les alliages Ru-(Pt/Pd) contenus dans les cartes électroniques et les disques durs peuvent être récupérés.
  - Le gisement annuel collectable en France peut être estimé à 0,3 t pour un gisement annuel collecté estimé à seulement 0,03 t

<sup>2</sup> BRGM, 2014

■ Commerce extérieur français<sup>10</sup> :

	2018			2019			Evolution 2018-2019		Principaux partenaires en 2019 (% des tonnages)
	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	En valeur	En masse	
<b>Iridium, osmium et ruthénium, sous formes brutes ou en poudre (71104100)</b>									
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%	
Solde	-1 973,5 k€	-0,957 t		-3 720,9 k€	-4,406 t				
<b>Iridium, osmium et ruthénium, sous formes mi-ouvrées (71104900)</b>									
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%	
Solde	-505,7 k€	-1,167 t		-268,7 k€	-0,105 t				
<b>Cumul tous produits où du ruthénium est identifié (formes brutes, en poudre ou mi-ouvrées)</b>									
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 de ruthénium concernée est inconnue et la quantité de ruthénium échangée ne peut donc pas être calculée (de même pour l'iridium 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

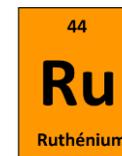
#### Matrice de criticité

#### Pour aller plus loin

#### Avertissement



- **Consommation française apparente en 2019** (production + importations – exportations) <sup>10</sup> :
  - Consommation apparente de **4,5 t** de Ru, prenant en compte le ruthénium sous forme de minerais, de poudre ou de produits mi-ouvrés.
  - Chiffre peu significatif puisque pour les références, le ruthénium est mélangé avec d'autres métaux comme l'iridium et l'osmium.
  - 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 que celui de l'Ir (consommation mondiale en 2019 de ruthénium : 36,5 t contre 8,2 t pour Ir), on peut alors estimer la consommation française apparente en Ru à **3,7 t** environ.



### 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



<sup>10</sup> [www.lekiosque.finances.gouv.fr](http://www.lekiosque.finances.gouv.fr)



## ■ Sources :

- 1 Johnson Matthey, 2020 : <https://matthey.com/en/>
- 2 BRGM, 2014 ; Panorama 2012 du marché des platinoïdes : <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-63169-FR.pdf>
- 3 Umicore, 2019 : <http://www.umicore.com/>
- 4 USGS, 2020. Platinum-Group Metals Statistics and Information : <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-platinum.pdf>
- 5 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](https://www.heraeus.com/en/hpm/market_reports/the_palladium_standard/the_palladium_standard.html)
- 6 International Platinum Group Metals Association : <https://www.usgs.gov/centers/nmic/niobium-columbium-and-tantalum-statistics-and-information>
- 7 Tanaka, 2018 : <https://www.nrcan.gc.ca/>
- 8 Argus Media : <https://metals.argusmedia.com/>
- 9 ECHA, 2020 : <https://echa.europa.eu/>
- 10 Le kiosque de Bercy, [www.lekiosque.finance.gouv.fr](http://www.lekiosque.finance.gouv.fr)

## ■ En complément :

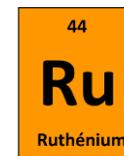
- L'Élémentarium, Société Chimique de France : [www.lelementarium.fr](http://www.lelementarium.fr)

## ■ Fiche réalisée par :

- Mathieu Leguérinel, en collaboration avec Aryn Bouallou, BRGM

## ■ Pour toutes questions :

- Contacter 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 minière 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 minière, 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 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 (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.