

Le sélénium (Se) – éléments de criticité

		Sources
1 - USAGES ET CONSOMMATION		
1.1 - Principaux usages dans le Monde (2017)	- Métallurgie (dont production de manganèse) : 40% - Verrerie : 25% - Agriculture : 10% - Electronique (dont cellules photovoltaïques en couches minces) : 10 % - Chimie et pigments : 10% - Autres : 5%	USGS 2018
1.2 - Principaux usages en Europe	Proportions spécifiques non disponibles (Cf. répartition mondiale 1.1)	
1.3 - Principales applications dans les domaines de haute technologie	- Photorécepteurs des tambours de photocopieurs et d'imprimantes lasers - Récepteurs de Rayons X pour imagerie médicale - Détecteurs infrarouges - Cellules photoélectriques	Panorama BRGM 2011
1.4 - Applications dans le domaine de l'énergie	Photovoltaïque : employé dans les cellules en couches minces CIS (Cuivre-Indium-Sélénium) et CIGS (Cuivre-Indium-Gallium-Sélénium) (46 g/kWc — 54 g/kWc, kWc = kilowatt-crête)	Panorama BRGM 2011
1.5 - Consommation (2017)	Estimée à environ 3 500 t	BRGM
1.6 - Perspectives d'évolution de la consommation mondiale	En métallurgie, l'augmentation rapide de producteurs de manganèse électrolytique en Chine (47 en 2016 contre 18 en 2014) contribue à tirer la demande en sélénium vers le haut. L'utilisation du sélénium dans le domaine de l'énergie devrait également augmenter du fait de la croissance de la production photovoltaïque (320 GW de capacités installées en 2016 contre 134 GW en 2013), malgré l'utilisation proportionnellement moindre des technologies en couches minces par rapport à celles au silicium cristallin (6% en 2016 contre 17% en 2009).	Cyclope 2018 Fraunhofer Institute BRGM
2 - PRODUCTION MONDIALE ET RESSOURCES		
2.1 - La substance est-elle un sous-produit	Oui, exclusivement	
2.2 - Métaux principaux dont la substance est un sous-produit ou co-produit	Il se trouve en très petites quantités dans la plupart des sulfures, mais il est extrait essentiellement des résidus de raffinage du cuivre (boue des cuves d'électrolyse) et accessoirement des mattes de nickel.	BRGM
2.3 - Production minière mondiale (2017)	Non disponible. Cependant, en estimant que la majorité de la production de sélénium soit récupérée dans la filière pyrométallurgique du cuivre, et qu'en moyenne 215 g de sélénium peuvent être récupérés par tonne de cuivre, on peut estimer la capacité maximale de production minière à environ 3 600 t en 2017.	BRGM ICSG
2.4 - Principaux pays producteurs miniers (2017)	En se basant sur les chiffres de la production de cuivre par pyrométallurgie : Chili 23,6% ; Pérou 14,4% ; Chine 10% ; Australie 5% ; Etats-Unis 4,4%	BRGM ICSG
2.5 - Concentration géographique de la production minière (2017)	Peu concentrée (IHH de 0,11 en se basant sur 2.4)	BRGM ICSG
2.6 - Variation sur 10 ans de la concentration de la production primaire mondiale	Faible en se basant sur la production de cuivre par voie pyrométallurgique	BRGM ICSG
2.7 - Production métallurgique mondiale primaire (2016)	3 482 t	WMD 2018 WMP 2018
2.8 - Production métallurgique mondiale secondaire	Faible, estimée à moins de 10% de la consommation annuelle, soit moins de 350 t	BRGM 2011
2.9 - Principaux pays producteurs métallurgiques (2016)	Chili 22,2% ; Japon 21,6% ; Allemagne 20,1% ; Belgique 5,7% ; Russie 5,3% ; Canada 5,1%	WMD 2018 WMP 2018
2.10 - Concentration géographique de la production métallurgique (2016)	Peu concentrée (IHH de 0,15)	WMD 2018 WMP 2018
2.11 - TCAM lissé sur 5 ans de la production métallurgique sur 30 ans (1986-2016)	+ 2,5%	USGS, WMD 2018 WMP 2018
2.12 - TCAM lissé sur 2 ans de la production métallurgique sur 10 ans (2006-2016)	+ 4,0%	USGS, WMD 2018 WMP 2018
2.13 - Réserves connues (2017)	- Réserves 2017 répertoriées par l'USGS : 100 kt - Réserves estimées sur la base des réserves de cuivre répertoriées par l'ISCG selon les pays pondérées par la proportion produite de la filière pyrométallurgique en 2017 : 139 kt	BRGM ICSG USGS 2018
2.14 - Evolution des réserves	- Réserves 2007 estimées par l'USGS : 53 ans de la production 2007. - Réserves 2017 estimées par l'USGS : 29 ans de la production 2016.	USGS
2.15 - Principaux pays détenteurs de réserves en 2017	Chine 21% ; Pérou : 13% ; Russie 9% ; Chine 7% ; Mexique : 6% ; Canada : 4% Estimation basée sur les réserves de cuivre.	BRGM ICSG
2.16 - Concentration géographique des réserves minières (2017)	Concentration faible (IHH < 0,1)	BRGM ICSG
2.17 - Perspectives d'évolution de la production	Le sélénium provient essentiellement du traitement des résidus d'électroraffinage du cuivre ("slimes"), sa production est donc étroitement liée à celle du cuivre, qui devrait encore croître à court et moyen terme. Par ailleurs, les procédés de récupération du sélénium à partir des "slimes" du cuivre peuvent toujours être améliorés. Enfin, en cas d'une très forte hausse de la demande en sélénium, il conviendrait d'étudier d'autres filières d'extraction possibles comme le pétrole, bitume, charbon, soufre, uranium etc.).	BRGM

		Sources
3 - SUBSTITUABILITE		
3.1 - Potentiel de substitution dans les principaux usages	- Verrerie : oxyde de cérium - Pigments : pigments organiques et oxydes de terres rares - Métallurgie : bismuth, tellure (mais éléments encore moins abondants que le sélénium) - Photovoltaïque : technologies au silicium et cadmium-tellure	USGS BRGM
4 - RECYCLAGE		
4.1 - Taux de recyclage	Estimé à moins de 5%	ICSG
4.2 - Contenu en matériaux recyclés	Les principales sources de sélénium secondaire sont les composants thermoélectriques, les déchets électroniques et les cellules photovoltaïques. Cependant, le gisement de cellules photovoltaïques en fin de vie est encore limité (durée de vie : 25 ans). Les autres usages du sélénium (verrerie, métallurgie, pigments, agriculture etc.) sont très dispersifs et le sélénium n'est donc pratiquement pas recyclé.	ICSG BRGM USGS
5 - PRIX		
5.1 - Etablissement des prix	Il n'y a pas de cotation sur les marchés boursiers. Prix établis par négociations directes de contrats entre producteurs primaires et transformateurs ou utilisateurs. Fourchettes de prix spot publiées quotidiennement par Argus Media.	Argus Media
5.2 - Prix moyen en 2018 (janv. à nov. 2018)	Sélénium min. 99,5% du Rotterdam : 39,8 US\$/kg	Argus Media
5.3 - Ecart-type relatif (déc. 2017 - nov. 2018)	Sélénium min. 99,5% du Rotterdam : +/- 20%	Argus Media
5.4 - Evolution du prix sur 1 an (moyenne déc. 2017-nov. 2018/moyenne déc. 2016-nov. 2017)	Sélénium min. 99,5% du Rotterdam : + 11,9%	Argus Media
5.5 - Evolution du prix depuis 2002-2003	Sélénium min. 99,5% du Rotterdam : + 293%	Argus Media
5.6 - Ordre de grandeur de la valeur de marché de la production annuelle	Marché du Se métal : 139 MUS\$ (3 482 t [prod. métallurgique 2016] x 39 800 \$/t [prix moyen 2018])	
6 - RESTRICTIONS AU COMMERCE INTERNATIONAL, REGLEMENTATIONS		
6.1 - Restrictions au commerce international	Non significatives	OCDE
6.2 - Réglementation REACH	Le sélénium et ses composés ne sont pas concernés par REACH (annexe XVII, version du 12/09/17)	ECHA
7 - PRODUCTION FRANCAISE ET RESSOURCES		
7.1 - Production minière française 2017	0	
7.2 - Production minière française historique	0	
7.3 - Part dans la production minière mondiale 2017	0	
7.4 - Ressources évaluées en France métropolitaine	Certains gisements pourraient contenir du sélénium dont : - Amas sulfurés à cuivre de Chessy (69) - Amas pyriteux à or de Rouez (72) - Gisements d'or-arsenic de Salsigne (11), et d'or-antimoine de La Lucette (53) - Gisements d'uranium : Limousin, bassin de Lodève	Panorama BRGM 2010
7.5 - Production métallurgique française	0	
8 - LA FILIERE INDUSTRIELLE EN FRANCE		
8.1 - Entreprises minières françaises	0	
8.2 - Entreprises métallurgiques en France	0	
8.3 - Entreprises de produits intermédiaires en France	Azelis Electronics (www.azeliselectronics.com) fournit des matériaux semi-conducteurs, des matériaux ultrapurs et des accessoires pour l'industrie des composants électroniques.	Panorama BRGM 2010 www.azeliselectronics.com
8.4 - Industries françaises aval dépendantes de cette matière première	Industries liées aux secteurs de la verrerie, du solaire, de l'électronique, de l'optique, de la métallurgie, de la chimie et des soins et bien-être (cosmétique, diététique, compléments alimentaires).	
9 - COMMERCE EXTERIEUR ET CONSOMMATION FRANCAISE		
9.1 - Commerce extérieur français (2017)	Déficit commercial de 38 t et 790 k€ de sélénium en 2017	Kiosque de Bercy
9.2 - Consommation française apparente (production + imports - exports)	Consommation apparente de 0 t + 47 t - 9 t = 38 t en 2017.	
9.3 - Recyclage en France	Données non disponibles. Probablement négligeable.	
10 - DIVERS		
10.1 - Panorama BRGM disponible ?	Panorama BRGM 2010 publié en 2011	http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60202-FR.pdf
10.2 - Remarques spécifiques	-	

Acronymes : ECHA : European Chemicals Agency ; IHH : Indice d'Herfindahl-Hirschmann ; ICSG : International Copper Study Group ; OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques ; REACH : Registration, Evaluation and Authorization of Chemical ; TCAM : Taux de Croissance Annuel Moyen ; USGS : United States Geological Survey ; WMD : World Mining Data (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, Autriche) ; WMP : World Mineral Production (British Geological Survey)

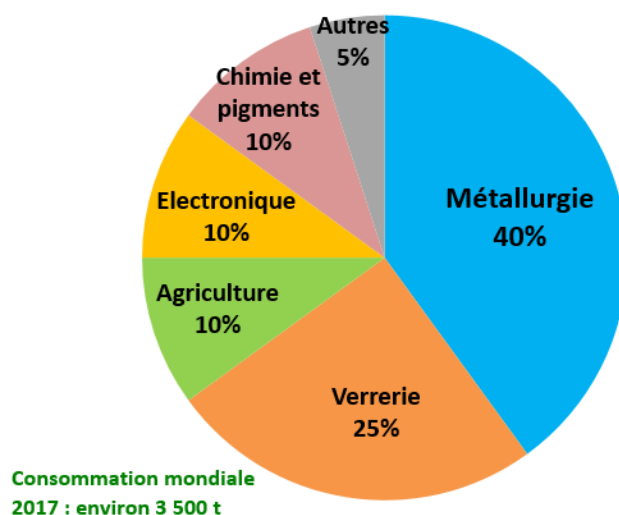
Note : Détails et explications sur l'obtention et la lecture des champs à consulter sur le rapport BRGM/RP-64661-FR

Le sélénium en graphiques

USAGES

Répartition des usages du sélénium

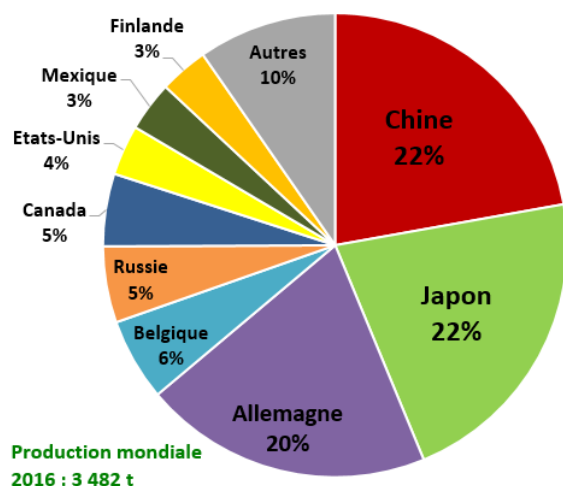
(Source : USGS 2018)



PRODUCTION ET RÉSERVES MONDIALES

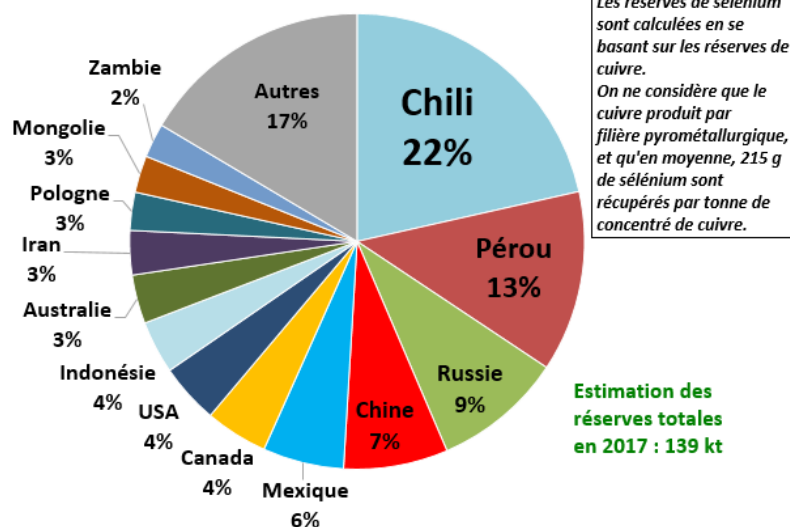
Répartition par pays de la production mondiale de sélénium raffiné en 2016

(Sources : WMD et WMP, 2018)

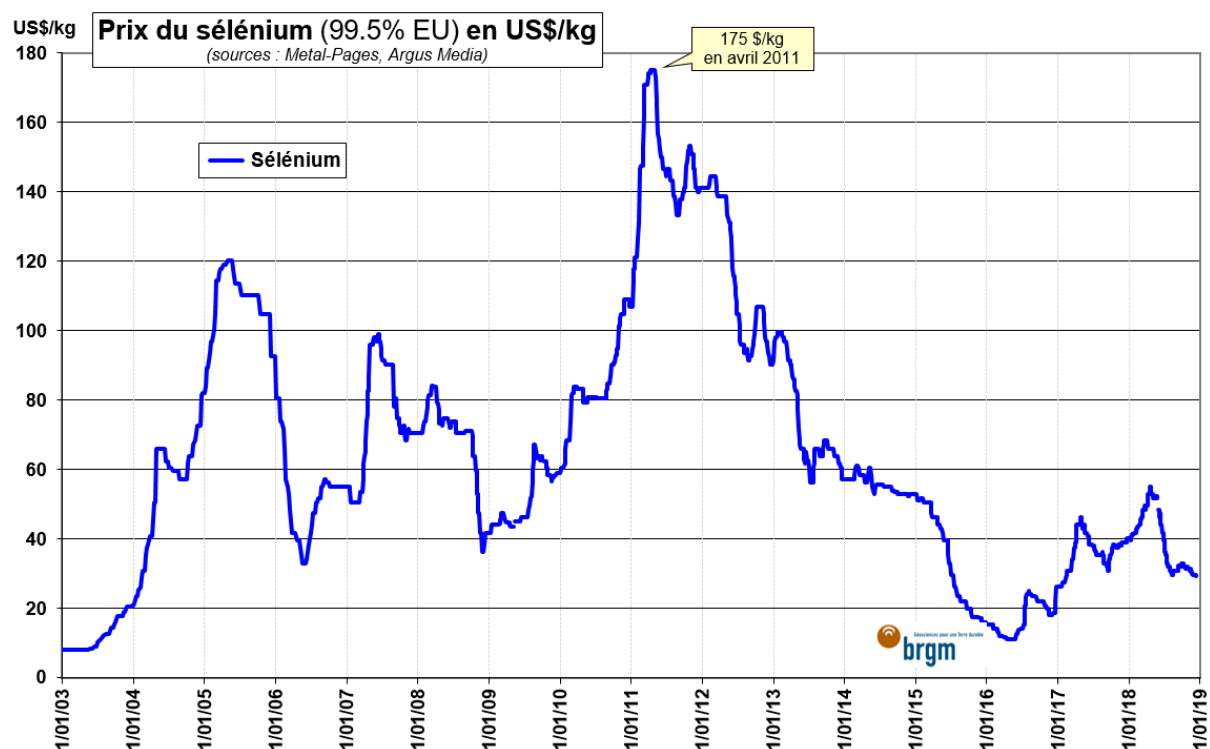
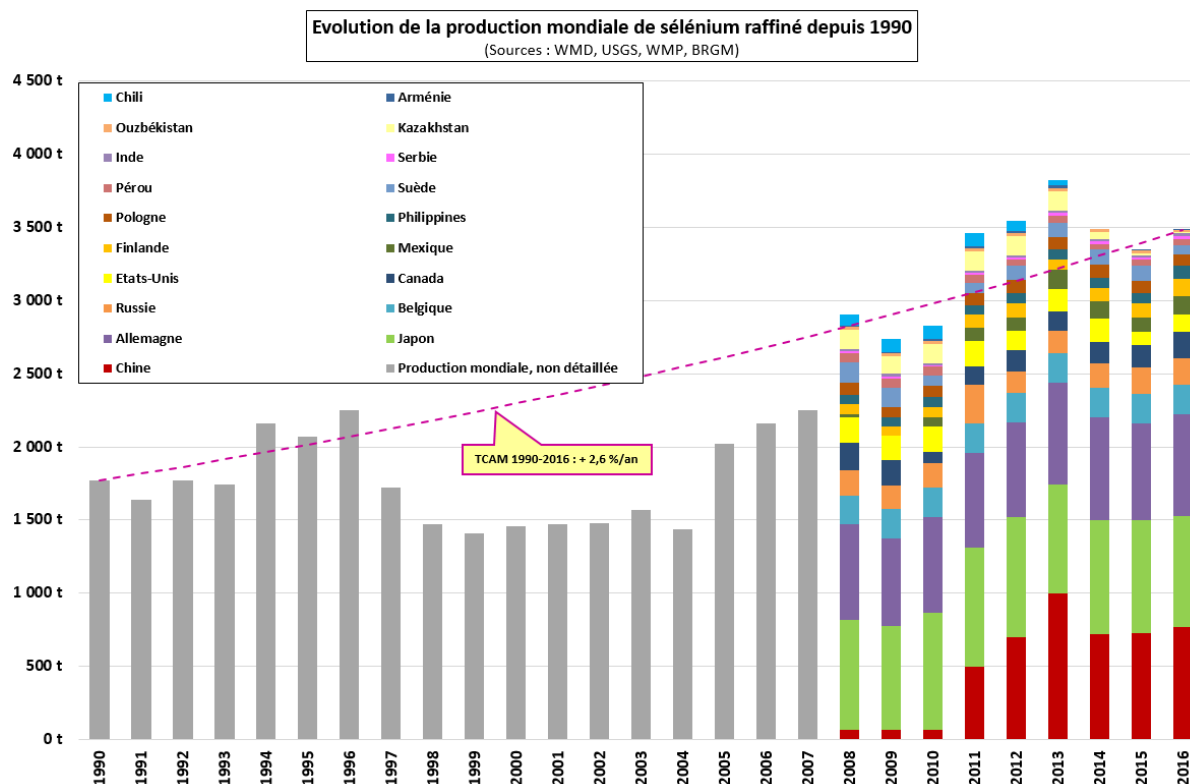


Estimation des réserves mondiales de sélénium

(Source : ICSG, BRGM)



ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION ET DES PRIX



COMMERCE EXTÉRIEUR DE LA FRANCE

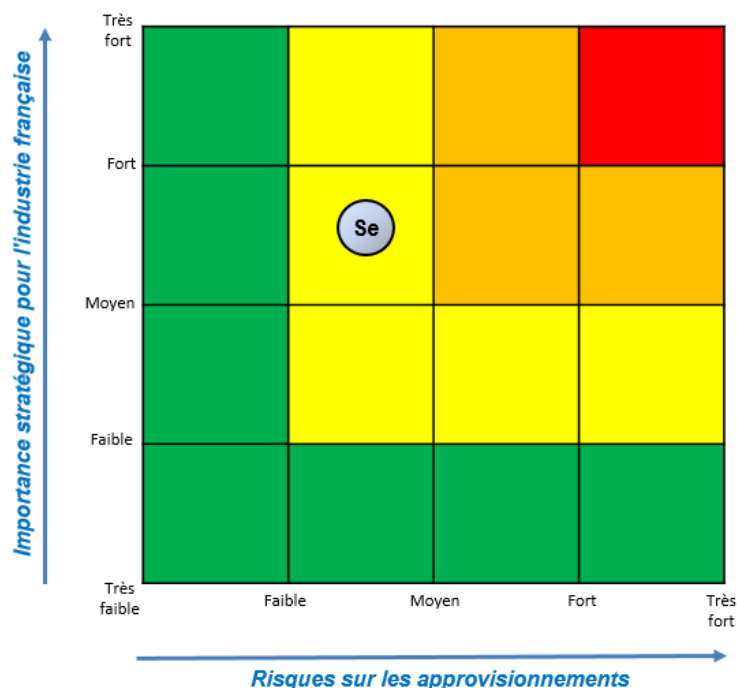
Statistiques françaises d'import-export de produits bruts et intermédiaires de sélénium

Données brutes de collecte, CAF-FAB hors matériel militaire. Source : <http://lekiosque.finances.gouv.fr>

	2016			2017			Evolution 2016-2017		Principaux partenaires en 2017
	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	En valeur	En masse	(% des masses)
Sélénium (28049000)									
Exportations	255 k€	12 t	21,3 €/kg	417 k€	9 t	46,3 €/kg	63,5%	-25%	Allemagne 44%, Tunisie 22%, Belgique 11%
Importations	565 k€	41 t	13,8 €/kg	1 207 k€	47 t	25,7 €/kg	114%	15%	Belgique 38%, Chine 28%, Allemagne 15%
Solde	-310 k€	-29 t		-790 k€	-38 t				
Sels des acides du sélénium ou du tellure (28429010) (NB : part concernant le sélénium non précisée)									
Exportations	143 k€	6 t	23,8 €/kg	211 k€	2 t	105,5 €/kg	47,6%	-67%	Chine, Tunisie
Importations	419 k€	24 t	17,5 €/kg	687 k€	19 t	36,2 €/kg	64%	-21%	Belgique 47%, Allemagne 42%
Solde	-276 k€	-18 t		-476 k€	-17 t				

CRITICITÉ DU SÉLÉNIUM

EVALUATION DE LA CRITICITE DU SÉLÉNIUM (Synthèse)



LE SÉLÉNIUM, PROPRIÉTÉS

Quelques propriétés du sélénium

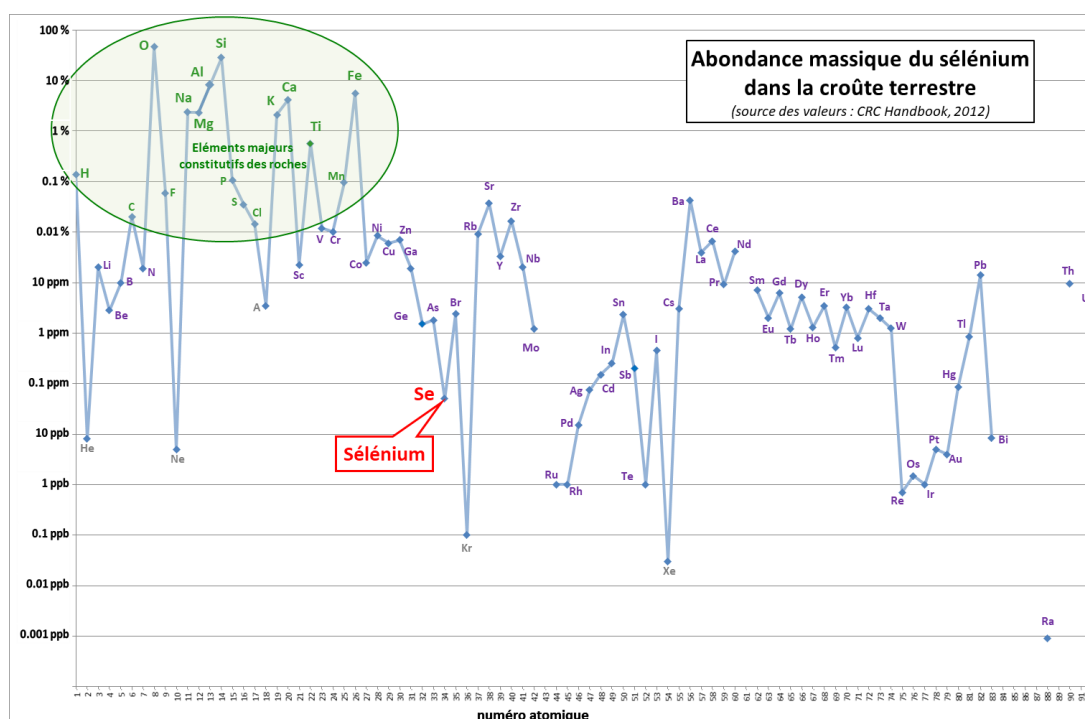
Numéro atomique : 34
 Masse atomique : 78,96
 Température de fusion : 217 °C
 Température d'ébullition : 684,9 °C
 Densité : 4,81
 Dureté Mohs : 2
 Abondance naturelle : 50 ppb

Le sélénium est un métalloïde de la famille du soufre avec des propriétés chimiques voisines. C'est un semi-conducteur dont la conductivité augmente fortement avec l'intensité de l'éclairage, d'où un usage historique pour les cellules photoélectriques et les photocopieurs. Il trouve également des applications en métallurgie, en verrerie et dans l'industrie de la chimie et des pigments.

Le sélénium est peu abondant dans la croûte terrestre (50 ppb) et il est récupéré principalement comme sous-produit du cuivre. Son marché est petit (quelques centaines de tonnes annuelles) mais très opaque.

Position du sélénium (Se) dans le tableau périodique des éléments

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57-71 Lanthanides	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89-103 Actinides															
Lanthanides :		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
Actinides :		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	



AVERTISSEMENT

Les informations, chiffres et graphiques figurant dans la présente "fiche de synthèse sur 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 de 28 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.

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, Mo) 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, Metal Bulletin 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.