

Le béryllium (Be) – éléments de criticité

		Sources
1 - USAGES ET CONSOMMATION		
1.1 - Principaux usages dans le Monde (2015)	<p>Environ 80% du Be est utilisé sous forme d'alliage, principalement cuivre-béryllium (à ~2% Be), pour des connecteurs et contacteurs électriques, des ressorts, etc. ; 15% sous forme de Be métal (fenêtres pour appareils rayons X, télescopes spatiaux, nucléaire civil et militaire conventionnel, pilote de fusion nucléaire ITER ...); et 5% sous forme d'oxyde et de céramiques (substrats isolants, blindages, etc.). La répartition par domaine serait la suivante (USGS 2016) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Composants industriels 20% - Electronique et équipements domestiques 18% - Electronique pour l'automobile 16% - Informatique et télécommunication 8% - Energie 8% - Défense 6% - Médical 2% - Autres 22% 	Panoram BRGM 2011 ; USGS 2016
1.2 - Principaux usages en Europe (2012)	<ul style="list-style-type: none"> - Equipements mécaniques 25% ; - Electronique et équipements domestiques 20% ; - Télécommunications et informatique 20% ; - Automobile 15% ; - Constructions aéronautiques, ferroviaires et navales : 10% ; - Metallurgie 3% ; - Caoutchouc, plastiques, verres 3% ; - Autres 4% 	EC-AHWG 2014
1.3 - Principales applications dans les domaines de haute technologie	<ul style="list-style-type: none"> - Connectique nécessitant une haute fiabilité (aéronautique, défense, etc.) ; - Informatique (connecteurs, ressorts) ; - Substrats pour diodes de puissance ; - Imagerie médicale ; - Nucléaire (civil et militaire classique, R&D sur la fusion) ; - Industrie spatiale (télescopes, gyroscopes et systèmes de guidage) 	
1.4 - Applications dans le domaine de l'énergie	<ul style="list-style-type: none"> - Nucléaire civil ; - Photovoltaïque (connecteurs) ; - Fusion nucléaire (ITER). 	
1.5 - Consommation	310 t en 2015	USGS 2016
1.6 - Perspectives d'évolution de la consommation mondiale	<p>Demande en croissance modérée d'environ +1,8%/an selon EC-AHWG. Possibilité, à long terme, de croissance plus forte en cas de succès du prototype ITER et d'un développement éventuel de centrales énergétiques à fusion.</p>	EC-AHWG 2014
2 - PRODUCTION MONDIALE ET RESSOURCES		
2.1 - La substance est-elle un sous-produit	Non (pour les 90% de production issus du minéral bertrandite), ou très marginalement (pour la production issue du minéral béryl).	
2.2 - Métaux principaux dont la substance est un sous-produit ou co-produit	Pour la part marginale issue du béryl : Nb, Ta, Terres Rares, W, Sn, Li	
2.3 - Production minière mondiale (2015)	300 t	USGS, 2016
2.4 - Principaux pays producteurs miniers en 2013	<ul style="list-style-type: none"> - Etats-Unis 92% - Chine 7% - Autres 1% 	USGS, 2016
2.5 - Concentration géographique de la production minière	Très concentrée. IHH de 0,86	
2.6 - Variation sur 10 ans de la concentration de la production minière mondiale	En 10 ans (2005-2015), la concentration de la production minière de béryllium a peu varié (Etats-Unis toujours largement dominants).	USGS
2.7 - Production métallurgique mondiale primaire	<ul style="list-style-type: none"> - 300 t en 2015 - Capacité de production de béryllium-métal : 80 t ; - Capacité de production d'alliages (Cu-Be, Al-Be, Ni-Be) : 425 t Be contenu ; - Capacité de production d'oxyde : 22 t 	BeST, 2012
2.8 - Production métallurgique mondiale secondaire (2013)	100 à 135 t (20% de la consommation totale), uniquement à partir de "new scrap" (chutes de fabrication).	USGS Mineral Yearbook 2013
2.9 - Principaux pays producteurs métallurgiques en 2013	<ul style="list-style-type: none"> - Etats-Unis 50% - Kazakhstan 25% - Japon 17% - Chine 8% 	BeST, 2012
2.10 - Concentration géographique de la production métallurgique	Concentration relative (IHH 0,34)	
2.11 - TCAM lissé sur 5 ans de la production minière sur 30 ans (1985-2015)	- 0.86% /an	USGS
2.12 - TCAM lissé sur 2 ans de la production minière sur 10 ans (2005-2015)	+ 9% /an	USGS

		Sources
2.13 - Réserves connues en 2015	Les seules réserves démontrées sont celles de la mine de Spor Mountain, aux Etats-Unis, avec 15 kt Be contenu. Les ressources mondiales (non normées) sont estimées à 80 kt Be contenu.	USGS, 2016
2.14 - Evolution des réserves	Pratiquement pas d'exploration en cours susceptible de démontrer de nouvelles réserves.	
2.15 - Principaux pays détenteurs de réserves	- Etats-Unis 100% Les ressources possibles (pas de ressources normées) sont plus largement réparties (Canada, Sibérie, Chine, Afrique méridionale, Brésil-Argentine, Australie, Europe occidentale, ...)	
2.16 - Concentration géographique des réserves minières	Concentration totale (IHH de 1).	
2.17 - Perspectives d'évolution de la production	Les réserves connues de Spor Mountain (Etats-Unis) suffisent à assurer une production de 300 t/an (production actuelle) pendant 50 ans.	
3 - SUBSTITUABILITE		
3.1 - Potentiel de substitution dans les principaux usages	Le béryllium, à cause de son coût élevé et de ses difficultés de mise en œuvre en raison de sa toxicité, n'est utilisé que dans des applications très spécifiques où il est difficilement substituable sans perte significative de performance ou de fiabilité.	
4 - RECYCLAGE		
4.1 - Taux de recyclage	- Recyclage en fin de vie (old scrap) : 1 à 7% ; - Part du secondaire dans les approvisionnements : 10 à 25%	UNEP 2011
5 - PRIX		
5.1 - Etablissement des prix	Pas de cotation sur les marchés boursiers. Prix établis par négociation directe de contrats entre producteurs primaires et transformateurs ou utilisateurs. Pas de publication (ni sur Metal Pages ni sur Metal Bulletin). Seul l'USGS publie un prix estimatif moyen annuel	
5.2 - Prix moyen en 2015	510 \$/kg	USGS
5.3 - Ecart-type relatif des prix sur 1 an	non disponible	
5.4 - Evolution du prix sur 1 an (2014 à 2015)	+ 7,7%	USGS
5.5 - Evolution du prix depuis 2001-2002 (2015) / moyenne 2001-2002)	+ 134%	USGS
5.6 - Ordre de grandeur de la valeur de marché de la production métallurgique annuelle de la substance	153 M US\$ (300 t (production 2015) x 510 US\$/kg)	
6 - RESTRICTIONS AU COMMERCE INTERNATIONAL, REGLEMENTATIONS		
6.1 - Restrictions au commerce international	Pas de restrictions de la part du pays producteur dominant (Etats-Unis)	
6.2 - Réglementation REACH et autres réglementations sanitaires	- Le béryllium et ses composés ne sont pas concernés par REACH. Suite à une analyse de la meilleure option de gestion des risques menée par le BAuA en Allemagne, il a été décidé en février 2016 de ne pas inclure le béryllium et ses composés dans la liste candidate des substances hautement préoccupantes. A la place, une valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) harmonisée au niveau européen est en cours d'étude. - La VLEP du béryllium et de ses composés en France est actuellement de 2 µg/m ³ dans l'air. Une étude de l'ANSES (2010) indique que la "concentration maximale sans effet nocif observé" a été établie à 0.2 µg/m ³ . Une proposition de VLEP avait porté sur un abaissement à 0.01 µg/m ³ correspondant à un facteur de sécurité de plus de 20. A noter que des valeurs proches de 0.01 µg/m ³ peuvent se retrouver naturellement dans des vents poussiéreux tels que l'harmattan en Afrique de l'Ouest (cf. Panorama BRGM 2011). Il est important de noter que la compatibilité entre un tel seuil et une filière industrielle de production ou de recyclage européenne est peu envisageable.	INRS 2009 ; ANSES 2010 ; Panorama BRGM 2011
7 - PRODUCTION FRANCAISE ET RESSOURCES		
7.1 - Production minière française 2015	0	
7.2 - Production minière française historique	Quelques tonnes de béryl ont été exploitées dans les pegmatites des Monts d'Ambazac (87) entre 1907 et la 2ème Guerre Mondiale.	Panorama BRGM 2011
7.3 - Part dans la production minière mondiale 2015	0%	
7.4 - Ressources évaluées en France métropolitaine	Ressources connues dans les pegmatites des Monts d'Ambazac (87) et quelques autres sites (Neuf-Jours (9), Beauvain (61), Morvan), dans le complexe granitique à Sn-W-Li-Ta d'Echassières (03) et celui de Tréguennec (29). Seul ce dernier a fait l'objet d'une évaluation dans les années 1980, avec des ressources estimées à 2,4 kt de Be contenu (8,4 Mt à 284 g/t Be, associé à Li, Sn, Ta).	Panorama BRGM 2011
7.5 - Production métallurgique française	0	

		Sources
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	- NGK-Berylco (44-Couëron, www.ngkbf.com), qui produit et commercialise des rouleaux de bandes et fils d'alliage Cu-Be à partir d'alliage importé du Japon ; - Atmostat (94-Villejuif, www.atmostat-alcen.com) usine du béryllium, en particulier pour des applications militaires.	
8.4 - Industries françaises aval dépendantes de cette matière première	Industries aéronautiques, électroniques, télécommunications, défense, radars, accessoiristes automobiles, imagerie médicale, etc.	
9 - COMMERCE EXTERIEUR ET CONSOMMATION FRANCAISE		
9.1 - Commerce extérieur français	- Déficit commercial de 360 k€ en 2015 et 5,3 t pour le béryllium métal et les oxydes ; - Le béryllium métal et les oxydes ne représentent qu'une part minoritaire des usages et des échanges. Une proportion majoritaire est échangée sous forme de cupro-béryllium, lequel n'est pas distingué dans les nomenclatures douanières et fusionné avec tous les alliages de cuivre hors laiton, bronze, cupronickel et maillechort. Le déficit commercial de ces alliages a été de 5 735 t et 34,4 M€ en 2015, ce qui pourrait représenter au maximum 115 t Be dans l'hypothèse, vraisemblablement inexacte et invérifiable, où ces alliages contiendraient en moyenne 2% Be.	<i>Le Kiosque de Bercy</i>
9.2 - Consommation française apparente (production + imports - exports)	Consommation apparente de béryllium impossible à estimer, car proportion majoritaire des échanges sous forme de cupro-béryllium, non identifié spécifiquement dans les nomenclatures douanières.	
9.3 - Recyclage en France	Très faible. Des chutes de production ("new scrap") sont récupérées par NGK-Berylco pour être renvoyées au Japon pour refonte.	<i>ADEME (Monier et al., 2010)</i>
10 - DIVERS		
10.1 - Panorama BRGM disponible ?	Oui, Panorama BRGM 2010 publié en 2011	http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60203-FR.pdf
10.2 - Remarques spécifiques		

Acronymes : IHH : Indice d'Herfindahl-Hirschmann; REACH : Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals

TCAM : Taux de Croissance Annuel Moyen; USGS : United States Geological Survey; UNEP : United Nations Environment Program

WMD : World Mining Data (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, Autriche)

EC-AHWG : Ad-Hoc Working Group of the European Commission on critical raw materials

(Groupe de travail ad-hoc de la Commission Européenne sur les Matières Premières Critiques)

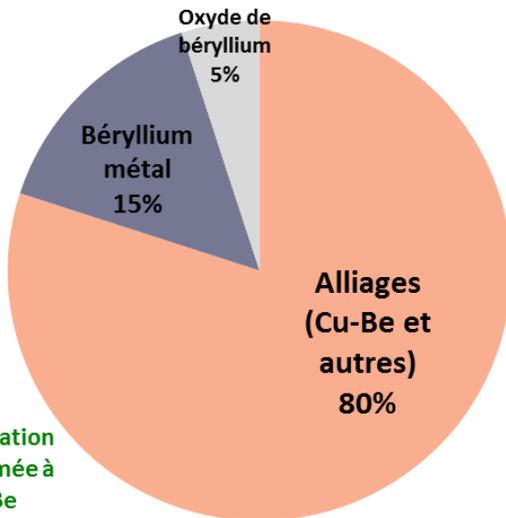
BeST : Beryllium Science and Technology Association, www.beryllium.eu

Note : Détails et explications sur l'obtention et la lecture des champs à consulter sur le rapport BRGM/RP-64269-FR

Le béryllium en graphiques

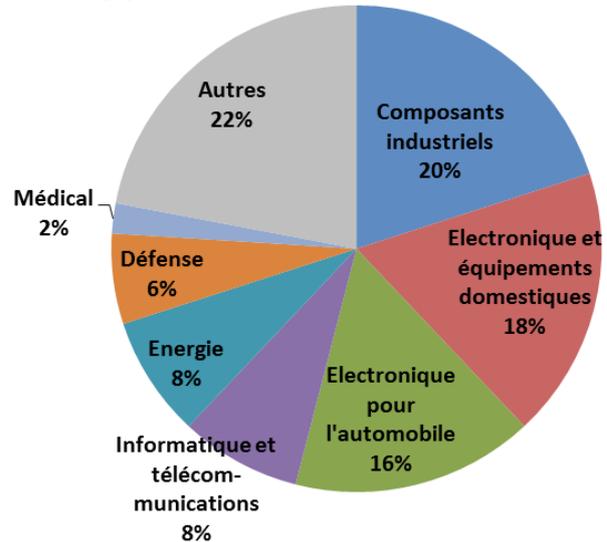
USAGES

Usages du béryllium par type de matériau



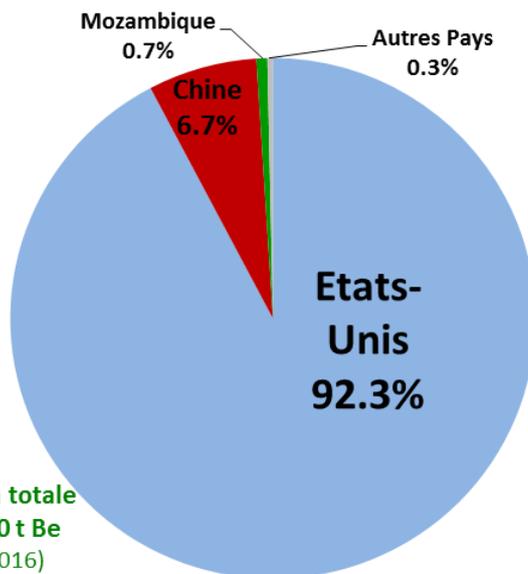
Consommation 2015 estimée à 310 t Be

Usages du béryllium par domaine d'application (source : USGS 2016)



PRODUCTION ET RESERVES MONDIALES

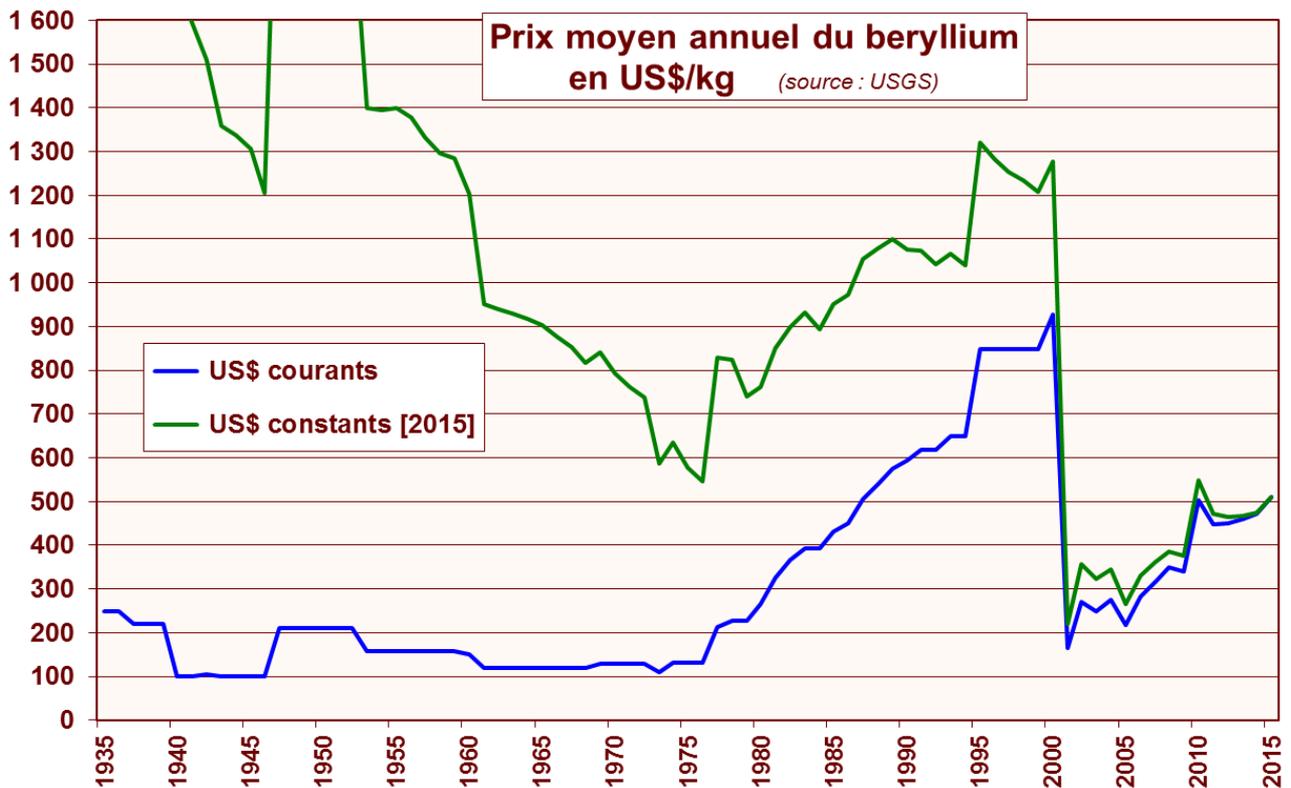
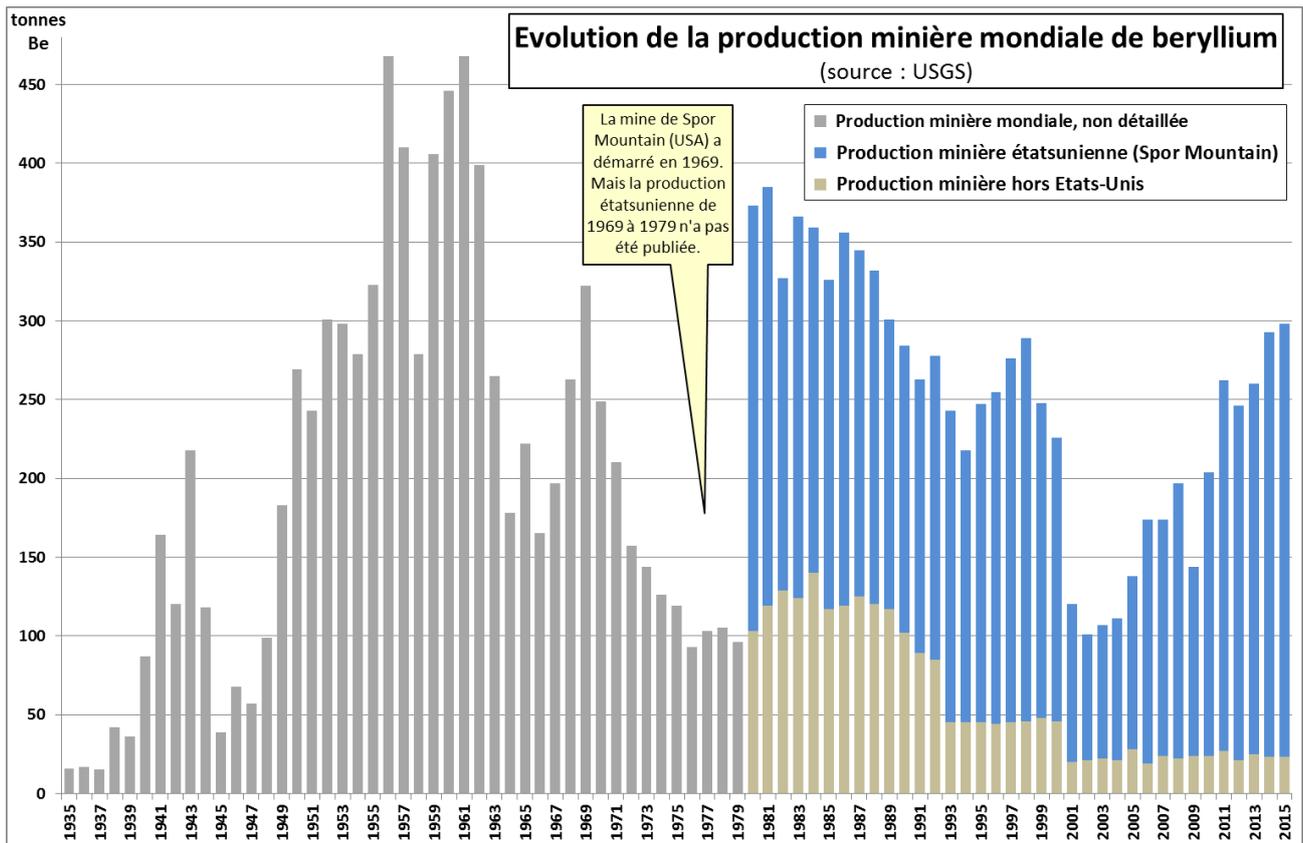
Répartition de la production minière mondiale de béryllium en 2015 (selon USGS, 2016)



Production totale 2015 : 300 t Be (USGS, 2016)

- **Réserves mondiales :** Seules les réserves étatsuniennes sont évaluées, à 15 kt Be contenu (équivalentes à 50 années de la production 2015).
- **Ressources mondiales :** Non mesurées, estimées par l'USGS à 80 kt Be contenu.

EVOLUTION DE LA PRODUCTION ET DES PRIX



COMMERCE EXTERIEUR DE LA FRANCE

Statistiques françaises d'import-export de produits bruts et intermédiaires de béryllium et des alliages de cuivre susceptibles de contenir du béryllium (non spécifiquement distingués dans les nomenclatures douanières)

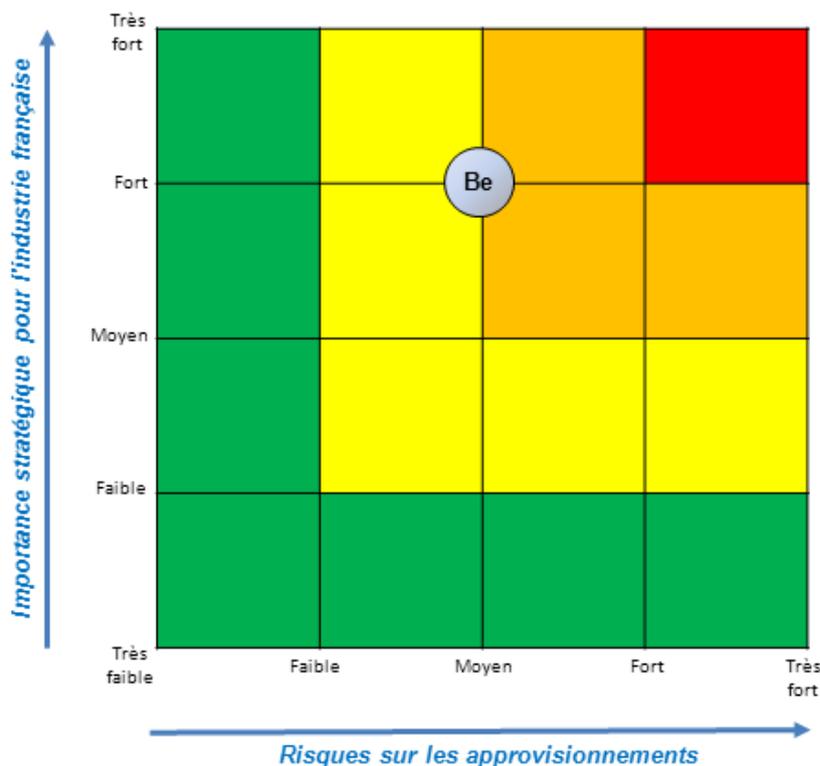
Données brutes de collecte, CAF-FAB hors matériel militaire. Source : <http://lekiosque.finances.gouv.fr>

	2013			2014			2015			Evolution 2014-2015		Principaux partenaires en 2015 (% des tonnages)
	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	En valeur	En masse	
Béryllium brut, poudres, ouvrages en béryllium (81121200, 81121900)												
Exportations	307 k€	644 kg	477 €/kg	51 k€	103 kg	492 €/kg	312 k€	736 kg	423 €/kg	1%	14%	Japon 65%, Roy.-Uni 20%
Importations	598 k€	2 154 kg	278 €/kg	663 k€	6 017 kg	110 €/kg	664 k€	5 971 kg	111 €/kg	11%	177%	Roy.-Uni 67%, Etats-Unis 8%
Solde	-291 k€	-1 510 kg		-612 k€	-5 914 kg		-352 k€	-5 235 kg				
Déchets et débris de béryllium (81121300)												
Exportations	0	0		0	0		0	0				
Importations	0	0		0	0		2 k€	114 kg	15 €/kg			Allemagne 100%
Solde	0	0		0	0		-2 k€	-114 kg				
Oxydes et hydroxydes de béryllium (28259020)												
Exportations	0.7 k€	8 kg	91 €/kg	0.2 k€	3 kg	73 €/kg	0.3 k€	5 kg	59 €/kg	-59%	-38%	Belgique 100%
Importations	2.3 k€	33 kg	71 €/kg	0.6 k€	9 kg	71 €/kg	7 k€	30 kg	221 €/kg	184%	-9%	USA 100%
Solde	-1.6 k€	-25 kg		-0.4 k€	-6 kg		-6 k€	-25 kg				
Cumul des produits bruts et intermédiaires de béryllium (métal et oxydes)												
Exportations	308 k€	652 kg		51 k€	106 kg		312 k€	741 kg		1%	14%	
Importations	601 k€	2 187 kg		663 k€	6 026 kg		672 k€	6 115 kg		12%	180%	
Solde	-293 k€	-1 535 kg		-613 k€	-5 920 kg		-360 k€	-5 374 kg				
Alliages-mères, bandes, fils et tubes d'alliages de cuivre, hors laiton, bronze, cupronickel et maillechort, susceptibles d'inclure le cupro-béryllium (74050000, 74099000, 74082900, 74112900)												
Exportations	31 281 k€	2 864 t	10.9 €/kg	31 281 k€	2 864 t	10.9 €/kg	34 753 k€	2 969 t	11.7 €/kg	11%	3.7%	Allemagne 11,5%, Italie 5,7%
Importations	70 536 k€	9 414 t	7.5 €/kg	70 536 k€	9 414 t	7.5 €/kg	69 209 k€	8 704 t	8.0 €/kg	-1.9%	-8%	Allemagne 65,2%, Belgique 6,9%, Japon 4,8%
Solde	-39 255 k€	-6 550 t		-39 255 k€	-6 550 t		-34 456 k€	-5 735 t				
Indication du plafond de quantités de béryllium échangées possibles dans les alliages de cuivre, dans l'hypothèse où ces alliages contiendraient en moyenne 2% Be.												
Solde		-131 t			-131 t			-115 t				

NB1 : La nomenclature NC8 n°81121200 (Be brut, poudres de Be) inclut des échanges à 12 000 €/kg et des échanges à 1,8 €/kg. Elle recouvre donc vraisemblablement des matériaux différents, et doit donc être prise avec circonspection. Il est possible que certains échanges concernent en réalité du béryl (minéral). De même, la nomenclature NC8 n°81121900 (Ouvrages en Be) inclut des échanges à 7 200 €/kg et des échanges à 7,5 €/kg.

NB2 : La majorité des usages et des échanges de masses de béryllium se font au sein des alliages cuivre-béryllium qui contiennent entre 0,5 et 2,6% Be. Mais ces alliages ne font pas l'objet d'une nomenclature douanière spécifique et se trouvent confondus avec tous les alliages de cuivre hors bronze, laiton, cupronickel et maillechort. Mais les tonnages de béryllium échangés à l'intérieur de ces alliages et probablement très supérieure aux tonnages échangés sous forme de béryllium métal et oxyde (si les alliages de cuivre considérés étaient tous des cupro-béryllium à 2% Be, cela représenterait un solde déficitaire de 115 t de Be contenu; à comparer au solde de 5,37 t sous forme de Be métal ou oxyde).

CRITICITE DU BERYLLIUM



LE BERYLLIUM, PROPRIETES

Quelques propriétés du béryllium

Numéro atomique : 4
 Masse atomique : 9,012
 Température de fusion : 1 287 °C
 Température d'ébullition : 2 469 °C
 Densité : 1,848
 Dureté Mohs : 5,5
 Abondance naturelle : 2,8 ppm

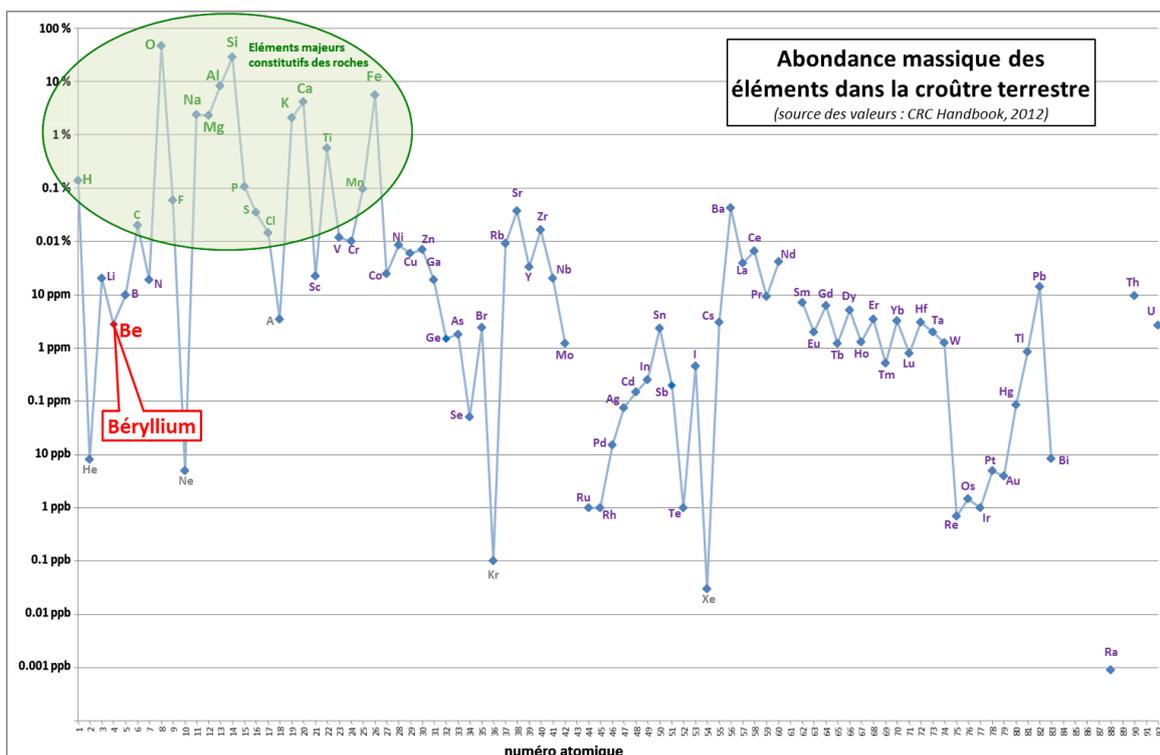
Le béryllium est un métal gris-acier, léger, dur et rigide, non-magnétique, bon conducteur électrique, transparent aux rayons X, réflecteur de neutrons thermiques et modérateur de neutrons rapides. Son oxyde est à la fois excellent conducteur thermique et excellent isolant électrique.

Allié au cuivre (~2% Be), il améliore notablement sa stabilité mécanique et sa résistance à l'usure, d'où son usage important pour les connecteurs électroniques.

Les poussières et les composés de Be sont très toxiques, les usages de ce métal sont donc restreints aux marchés où il est difficilement substituable.

Position du béryllium (Be) 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 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 de 28 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, 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), Metal-Pages, 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.