

# Le béryllium



Septembre 2011

Métal très léger, de mise en œuvre très délicate pour sa fragilité et sa toxicité et d'un coût de production élevé, le béryllium a des applications variées dans des industries de pointe.

## > Propriétés

Le béryllium (Be) est le 4<sup>e</sup> élément chimique du tableau de Mendeleïev. C'est un métal très léger présentant une grande dureté et une grande rigidité, ainsi que des propriétés physiques intéressantes : bonne conductivité électrique, réflecteur de neutrons thermiques et ralentisseur de neutrons rapides, amagnétique, grande transparence aux rayons X.

L'oxyde de béryllium BeO est un excellent isolant électrique et un bon conducteur thermique.

Le cupro-béryllium (à 2% Be en moyenne) est un alliage de choix pour la connectique dans les équipements électriques et électroniques.

N° atomique	Masse atomique
4	9.012
<b>Be</b>	
<b>Béryllium</b>	
Pt de fusion	Pt d'ébullition
1 287°C	2 471°C
Densité	Clarke
1.848	2.8 ppm



© www.rsc.org/chemsoc

## > Usages

Sous forme métallique, le béryllium est utilisé dans des secteurs de pointe et dans le nucléaire civil et militaire. Par exemple la paroi interne du réacteur ITER en construction en sera tapissée de plusieurs tonnes.

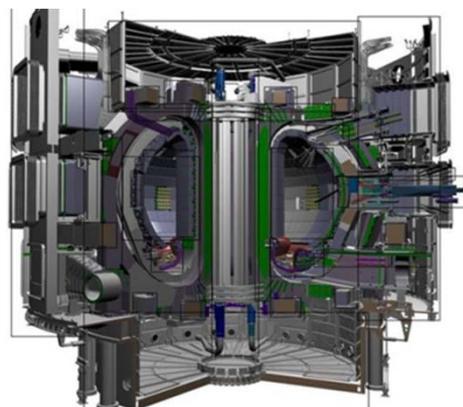


Schéma du réacteur ITER (© www.iter.org)

Dans l'industrie spatiale, il entre dans la composition des structures légères et rigides des étages supérieurs de lanceurs, des gyroscopes et systèmes de guidage, pour la confection de miroirs comme celui du nouveau télescope spatial James Webb destiné à remplacer Hubble.

Dans l'instrumentation scientifique et technique et pour la radiographie et l'imagerie médicale, le béryllium est utilisé comme fenêtre protection des sources de rayons X.

## > Usages (suite)

Le béryllium est aussi utilisé sous forme d'alliages, surtout avec le cuivre (cupro-béryllium), mais aussi avec le nickel, l'aluminium, le chrome et le cobalt.

Le cupro-béryllium (Cu avec 0,15% à 2,6% Be) est léger, mécaniquement stable et résistant à l'usure. Il entre dans la composition des contacteurs et des connecteurs électroniques (télécommunication, informatique, automobile, avionique).

En mécanique de précision, il est utilisé pour les ressorts miniatures (horlogerie, claviers d'ordinateurs), et les bagues de frottement anti-grippantes.



Rouleaux de feuilles de Cu-Be (© Ulba-Shine)

Les alliages Al-Be sont utilisés dans les structures d'avion et pièces pour l'industrie spatiale, les alliages Ni-Be dans les détecteurs et les contacteurs thermo-sensibles. Be intervient aussi dans certains alliages pour prothèses dentaires.

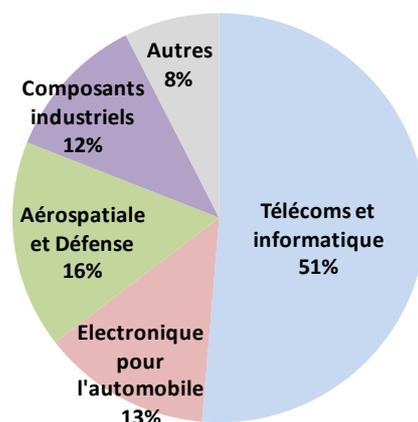
Sous forme d'oxyde BeO, à la fois bon isolant électrique et bon dissipant thermique, il est utilisé en céramique dans les constituants de :

- substrat pour puces, transistors et diodes de puissance,
- moteurs de fusées, lasers, micro-ondes, blindages militaires.

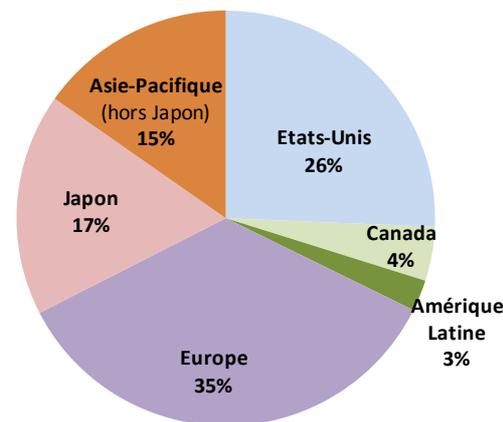
**Substitution** : le béryllium étant un produit coûteux et difficile à mettre en œuvre, il n'est utilisé que pour des applications très spécifiques dans lesquelles il est mal substituable, à performances identiques.

## > Consommation mondiale

La consommation mondiale a été de l'ordre de 320 t/an en 2009 et 2010 (selon Biz-Acumen et USGS\*). Elle se répartit pour moitié entre les secteurs des télécommunications et de l'informatique, pour moitié entre les industries de l'espace, de la défense, de l'automobile et autres utilisations industrielles. La consommation mondiale se répartit pour un tiers en Europe, un tiers en Amérique et un tiers en Asie-Pacifique (Japon inclus).



Consommation mondiale de béryllium par secteur industriel (Biz-Acumen, 2009)



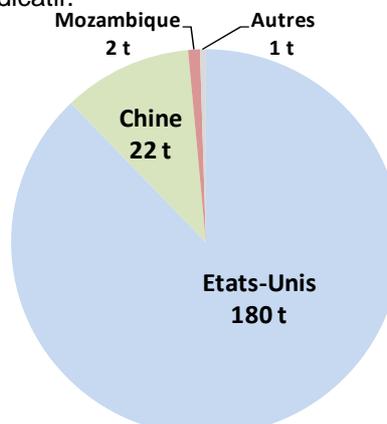
Consommation mondiale de béryllium par zone géographique (Biz-Acumen, 2009)

## > Production mondiale

Seuls quelques gisements sont exploités actuellement dans le monde :

- Spor Mountain, en Utah (Etats-Unis), exploité par la société Materion Inc. (anciennement Brush Wellmann Inc.), qui assure plus de 85% de la production primaire mondiale (180 t en 2010),
- gisements de complexes alcalins en Chine (22 t en 2010),
- pegmatites au Mozambique, en Chine, au Kazakhstan, en Argentine (quelques t/an au total),

La production minière totale est estimée par l'USGS (United States Geological Survey) à 180 t pour l'année 2009 et 205 t pour l'année 2010. L'écart par rapport à la consommation rapportée (320 t/an) peut s'expliquer en partie par du déstockage et par le recyclage, mais aussi par les lacunes et l'imprécision des données statistiques disponibles, qui ne sont donc à prendre qu'à titre indicatif.



Production minière de béryllium par pays en 2010 (selon USGS, janv.2012)

**Recyclage** : Il y a peu de données fiables disponibles concernant le recyclage. Les estimations de la part de béryllium provenant du recyclage varient de 10% (USGS) à 19% (Groupe de travail ad-hoc de la Commission Européenne sur les matières premières critiques, 2010).

## > Ressources

Le béryllium se trouve dans plusieurs types de gisements :

- sous forme de béryl ( $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ ), dans les pegmatites granitiques, largement répandues mais en général de petite taille et rarement économiques (traitement complexe). Quelques gisements ont été exploités (Brésil, Russie) ou le sont encore (Chine, Mozambique, Kazakhstan, Argentine),
- sous forme de bertrandite\* ( $\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$ ) en gisement épithermal, le plus important étant celui de Spor Mountain (Utah, USA), qui produit 85% du béryllium mondial (minerai plus facile à traiter),
- en produit annexe dans des gisements de complexes alcalins à Nb-Ta et Terre Rares (Canada, Russie, non actuellement exploités) et de coupoles à W-Sn.

Les ressources mondiales sont mal connues. Elles sont évaluées par l'USGS à 80 000 t, dont 65% aux USA. Les réserves prouvées de Spor Mountain sont actuellement de 15 900 t, soit 80 ans de production à 200 t/an.

Les ressources potentielles en béryllium de la France sont mal évaluées :

- béryl dans les pegmatites des Monts d'Ambazac (87), où il a été exploité au 20<sup>e</sup> siècle (production de quelques tonnes de béryl), dans le Morvan, en Corrèze et dans l'Orne.
- béryllium associé à d'autres minéraux dans le gisement d'Echassières (03, coupoles à W-Sn exploitée pour le kaolin, les sables lithinifères et la cassitérite) ou dans le gisement d'aplite à colombotantalite et cassitérite de Tréguennec (29), qui renferme 0,03% Be, soit 2 400 t équivalent métal,
- indices de bertrandite (Quily, 56 ; La Lauzière, 73).

\* Minéral découvert en France en 1883 (localité-type carrière Barbin à Nantes) ; nommé en l'honneur du minéralogiste français Emile Bertrand (1844-1909).

## > Traitement des minerais

- le minerai à bertrandite de Spor Mountain est directement traité par Materion par hydrométallurgie sur place.
- le béryl est concentré par scheidage manuel. Des procédés de concentration par flottation ont été testés mais sont peu performants.

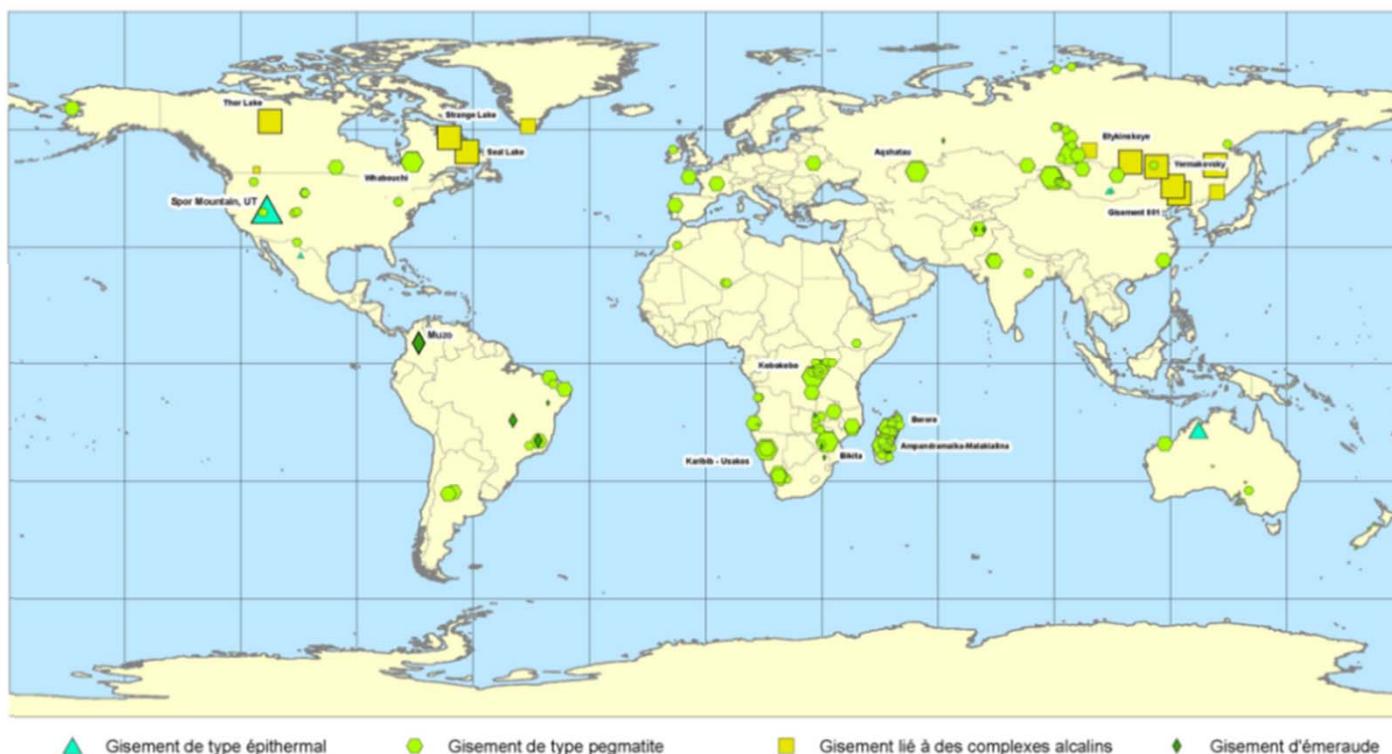
## > Métallurgie

- **Production de l'oxyde BeO** : le minerai à bertrandite, et le concentré de béryl sont lixiviés par l'acide sulfurique à chaud. Le béryllium passe en solution sous forme de sulfate, traitée par extraction par solvant, ce qui permet d'obtenir de la glucine  $\text{Be}(\text{OH})_2$ , qui peut être calcinée pour donner BeO.
- **Production du métal brut** : généralement par électrolyse de chlorures fondus ( $\text{NaCl}-\text{BeCl}_2$  ou  $\text{LiCl}-\text{KCl}-\text{BeCl}_2$ ).
- **Raffinage du Be** : par sublimation ou électroraffinage.

## > Risques sanitaires et réglementation

Le béryllium et ses composés présentent un risque sous forme de particules inhalables, qui peuvent causer cancer du poumon et béryllose (maladie respiratoire chronique). Les procédés à chaud et les opérations d'usinage, de soudure, de récupération et de recyclage sont les plus risqués pour l'exposition aux poussières, fumées et vapeurs toxiques contenant du Be. La Valeur Limite d'Exposition Professionnelle (VLEP) du béryllium avait été fixée à  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pendant 8 h par la circulaire du 12 janvier 1985, mais une étude de l'Anses d'octobre 2010 en propose une réduction à  $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ce qui pourrait menacer une partie de la filière.

### Principaux gisements et districts à béryllium



## > Acteurs industriels

Les principaux producteurs mondiaux sont :

- Materion Inc. (ex-Brush Wellman Inc.) (USA) : Mine de Spor Mountain et 6 usines aux USA, produit Be métal et des composés (hydroxyde, alliages, poudres, céramiques, etc.),
- Ulba, du groupe Kazatomprom (Kazakhstan),
- Ningxia (Chine).

D'autres groupes produisent des alliages manufacturés, généralement à base de cupro-béryllium, comme NGK Insulators (Japon), Yingtan Ulba Shine (Chine et Kazakhstan), International Beryllium (Canada) et Kamensk-Uralsky (Russie).

En France, il n'y a plus de production primaire de béryllium et dérivés depuis 1976.

Quelques entreprises assurent la transformation et la distribution de produits finis à partir de Be importé : NGK Berylco du groupe japonais NGK, Atmosat, Acal BFI du groupe britannique Acal Plc, Stainless.

## > Prix

Il n'existe pas de cotation ni de publication de prix du béryllium. Les transactions de font directement entre les rares entreprises productrices et leurs clients. Seul l'USGS publie un prix annuel moyen (voir graphique).

Celui-ci est remonté à 507 US\$ en 2010, après une forte chute en 2000 (démantèlement d'armements nucléaires en ex-URSS, déstockage aux USA, etc.).

## > Criticité

Le béryllium est donc incontournable pour de nombreux secteurs industriels de pointe.

Bien que dépendant d'une production extérieure, son approvisionnement a toujours été assuré jusqu'à présent.

