

BERYLLIUM 2023

Matières premières

La teneur en béryllium (Be) de l'écorce terrestre est de 2,8 ppm.

Deux minéraux de béryllium sont exploités industriellement, la bertrandite ($\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$) aux États-Unis et le béryl ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$), dans des pegmatites granitiques, dans les autres pays. Aux États-Unis, la teneur du minerai de bertrandite exploité est de 0,25 % de Be.

Jusqu'en 1969, début de l'exploitation du gisement de bertrandite des États-Unis par Materion, seuls les gisements de béryl étaient exploités.

Les gisements de béryl sont également exploités pour leurs cristaux d'émeraude, d'aigue-marine... L'émeraude est un béryl, c'est-à-dire un silicoaluminate de béryllium dans lequel une partie des ions Al^{3+} est substituée par des ions Cr^{3+} ou V^{3+} .

Productions

Productions minières

Elle est estimée, en 2023, à 330 t de béryllium contenu.

en t de Be contenu

États-Unis	190	Ouganda	1
Chine	74	Madagascar	1
Brésil	40	Rwanda	1
Mozambique	24		

Source : USGS

En 2017, la production mondiale de concentrés de béryl, contenant environ 4 % de Be, est estimée à 1 540 t.

Réserves minières

Elles sont peu connues, sauf pour les États-Unis où elles sont évaluées à 19 000 t de Be contenu, en 2023.

Fabrication industrielle

Les minerais de béryl sont concentrés, ceux de bertrandite traités directement par hydrométallurgie.

Aux États-Unis, le minerai de bertrandite et les concentrés de béryl éventuellement importés sont lixiviés, à chaud, par de l'[acide sulfurique](#). Au préalable, les concentrés de béryl sont fondus à 1650°C trempés dans l'eau et traités à l'acide sulfurique. Seulement 50 à 60 % du Be contenu passant en solution, un deuxième traitement thermique de la pulpe inattaquée vers 900-1000°C, permet d'augmenter le taux de récupération du béryllium à 90-95 %.

La solution de lixiviation contient de 0,4 à 0,7 g de Be/L. Les métaux contenus sont extraits par un solvant organique et ré-extraits par une solution de carbonate d'ammonium, vers 70°C. Après élimination des ions [fer](#) et [aluminium](#) par précipitation sous forme d'hydroxydes, à 85°C, et

filtration, un chauffage à 95°C, entraîne la précipitation du béryllium sous forme de carbonate basique, $\text{BeCO}_3, \text{Be}(\text{OH})_2$ qui par chauffage est décomposé en hydroxyde de béryllium $\text{Be}(\text{OH})_2$, appelé glucine. L'oxyde de béryllium BeO , est obtenu par calcination de l'hydroxyde. Le béryllium métallique, est préparé par électrolyse en sel fondu, en présence de [chlorure de sodium](#), [lithium](#) ou [potassium](#). Le béryllium obtenu titre 99,5 %. Sa purification est réalisée par anode soluble, dans un bain de chlorure fondu.

Principaux producteurs

Les principaux producteurs sont :

- [Materion](#), qui exploite le gisement de bertrandite des États-Unis. Le gisement, à ciel ouvert, est situé à Spor Mountain, près de Delta, dans le comté de Juab, dans l'Utah. En 2023, la production a été de 164,2 t de béryllium contenu. Les réserves prouvées et probables sont, fin 2023, de 8,56 millions de t contenant 0,246 % de Be. Le minerai est traité à Delta, dans l'Utah pour produire de l'hydroxyde de béryllium, lui même transformé en [alliages de cuivre](#), en métal et oxyde, à Elmore, dans l'Ohio. A Elmore, la capacité de production de métal de haute pureté est de 73 t/an dont les 2/3 sont destinées au département de la Défense des États-Unis. En 2018, tout l'hydroxyde produit est obtenu à partir de la bertrandite exploitée localement. Le béryllium de haute pureté est préparé plutôt à partir de béryl importé que de bertrandite produite localement car cette dernière renferme plus d'impuretés.
- [Ulba Metallurgical Plant](#) (UMP), filiale de [KazAtomProm](#), qui produit, au Kazakhstan, divers composés de béryllium, des alliages et du métal, à partir des stocks accumulés, en Russie, avant 1990. En 2016, la production est de 90 t de Be contenu dans les composés fabriqués.

En Chine la production serait pour environ la moitié à partir de minerais importés principalement du Kazakhstan. Les principaux producteurs chinois sont Hunan Shuikoushan Non Ferrous Metals Group dans la région autonome du Xinjiang et Fuyun Hengsheng Beryllium Industry dans la province du Guangdong.

Recyclage et stocks

Le recyclage est estimé de 20 à 25 % de la consommation.

Considéré, aux États-Unis comme un métal stratégique, en 2021, son stock est de 57 t de métal, 7 t de poudre et 1 t de concentré de béryl.

Situation française

Il n'y a plus de production minière. Une faible production de béryl a eu lieu au début du XX^{ème} siècle, dans les Monts d'Ambazac (87). La présence de béryllium, associé au lithium, est attestée dans quelques sites (voir le chapitre [lithium](#)).

Il n'y a plus de production métallurgique depuis 1976. Avant cette date, la société Pechiney avait développé, à Salindres (30) et La Praz (73), une filière complète de production de béryllium.

La mise en forme d'alliages de béryllium est réalisée, à Couëron (44) par le groupe japonais [NGK Berylco](#).

Commerce extérieur : en 2023 pour le béryllium brut et la poudre.

- Exportations : 222 kg à 82 % vers l'Allemagne, 14 % Israël.
- Importations : 12 391 kg à 97 % de Pologne, 2 % d'Italie.

Utilisations

Consommations

La consommation mondiale, en 2014, était estimée à environ 300 t, dont, en 2023, 150 t aux États-Unis.

En 2011, la consommation européenne était de 30,2 t dont 22,2 t en Allemagne.

Secteurs d'utilisation

Les principaux secteurs utilisateur de Be aux États-Unis, en 2023, sont les suivants :

Composants industriels	25 %	Infrastructures télécom	10 %
Défense, aérospatial	17 %	Appareils électroniques	7 %
Électronique automobile	14 %	Énergie	7 %

Source : USGS

Utilisations diverses

La principale utilisation, avec 75 % du total en 2017, est sous forme d'[alliages de cuivre](#), renfermant de 0,15 à 2,6 % de Be. Ces alliages sont utilisés principalement dans des connections électroniques, les circuits intégrés et la fabrication de moules pour injection de [matières plastiques](#). Les alliages Cu-Be sont préparés à partir d'un alliage-maître renfermant 4 % de Be. Après ajustement de la composition souhaitée, l'alliage en fusion est solidifié et maintenu vers 800°C. A cette température l'alliage est monophasé, avec dissolution du béryllium dans le cuivre, à 800°C la solubilité étant d'environ 2 %. Il est malléable et peut être mis en forme facilement. Une trempe permet de conserver un alliage malléable, avec une seule phase, mais avec une solution solide sursaturée car, à la température ambiante, la solubilité du Be dans le cuivre est très faible, inférieure à 0,25 %. Un durcissement structural est obtenu, par un chauffage de revenu, entre 300 et 400°C, qui permet d'accélérer l'obtention d'un état stable avec formation de deux phases, du cuivre renfermant très peu de béryllium et un précipité intermétallique du type CuBe.

Les autres utilisations sont les suivantes :

- Les alliages avec l'[aluminium](#) sont employés dans l'aéronautique et le spatial du fait de la faible densité du béryllium et de la dureté des alliages formés. Ces alliages sont également obtenus par durcissement structural.
- Les alliages avec le [nickel](#) sont employés dans des contacteurs thermo-sensibles utilisés, par exemple, dans le déclenchement des airbags.
- Des alliages nickel-[chrome](#) ou nickel-[cobalt](#) contenant du béryllium sont employés dans des prothèses dentaires. Mais dans cette application la teneur en béryllium est actuellement limitée à 0,02 %.
- Sa faible densité et son bon comportement au polissage le fait utiliser comme matériau de miroirs de télescopes spatiaux.
- Dans le domaine spatial, il est utilisé comme matériau de tuyères de moteurs, de gyroscopes...

- De faible numéro atomique, il absorbe peu le rayonnement X et pour cela est utilisé comme fenêtre de tubes de production de rayonnement X.
- Il est utilisé comme réflecteur de neutrons dans les ogives nucléaires et ralentisseur de neutrons dans les centrales nucléaires.
- Le béryllium est prévu comme matériau de couverture du plasma dans le réacteur [ITER](#), en construction à Cadarache.
- L'oxyde de béryllium, BeO, isolant électrique, possède une conductibilité thermique élevée, juste après celle du [diamant](#). Il trouve des applications comme support de composants électroniques. Ses propriétés réfractaires le font également utiliser comme matériau de boucliers de rentrée dans l'atmosphère de missiles. En 2017, il représente, dans le monde, 5 % de la consommation de béryllium.

Toxicité

Le béryllium est un métal très toxique et cancérigène. Des teneurs dans l'atmosphère supérieures à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ peuvent causer des pneumopathies graves, une exposition chronique donnant une maladie professionnelle, la béryllose. La valeur limite d'exposition est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.