

## Germanium 2023

Le germanium est un semi-métal.

L'existence du germanium a été prédite, en 1871, par Mendeleïev lors de la construction de son tableau périodique et d'après sa position il l'a appelé « eka-silicium ».

Le chimiste allemand Winkler l'a découvert, en 1886, dans un minéral, l'argyrodite,  $\text{Ag}_8\text{GeS}_6$ , extrait d'une mine d'[argent](#), près de Freiberg, en Allemagne. Il l'a dénommé germanium d'après le nom de son pays.

### Matières premières

La teneur de l'écorce terrestre est de 1,6 ppm.

Il n'existe pas de gisement propre de germanium. Celui-ci est principalement, à 80 %, co-produit lors du traitement de minerais sulfurés de [zinc](#), dont la teneur en germanium peut atteindre 0,04 %. Par exemple, le minerai de zinc de la mine Red Dog, en Alaska, renferme 60 g de Ge/t. Toutefois, le germanium est peu récupéré, on estime qu'environ 3 % du germanium contenu dans les minerais de zinc exploités est extrait.

Des [charbons](#) et lignites peuvent également renfermer du germanium et celui-ci peut être récupéré dans les cendres ou les poussières émises lors de sa combustion. Cette source est exploitée en Chine et en Russie. En Chine, les ressources du gisement de Lincang, dans la province du Yunnan, seraient de plus de 1 100 t de germanium, avec une teneur moyenne de 78 g/t, celles du gisement de Xilinhaote, en Mongolie intérieure seraient de 1 600 t.

En Russie, le dépôt de Pavlovskoye, dans la région de Primorsk, en Sibérie Orientale contient de 300 à 1 000 g de Ge/t et les cendres issues de la combustion du lignite ont une teneur comprise entre 0,3 et 2,5 % de germanium. La capacité de production est de 21 t/an.

Du germanium est également présent, en République Démocratique du Congo, dans des gisements de [cuivre](#) et de [zinc](#). La mine de Kipushi, exploitée entre 1924 et 1993, a fourni 6,6 millions de t de zinc et 4 millions de t de cuivre et entre 1956 et 1978, 278 t de germanium, avec un minerai qui contenait 11 % de Zn et 7 % de Cu.

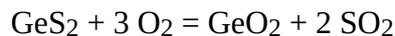
Le terril de Lubumbashi, formé par les scories des exploitations antérieures, renferme du germanium. Il est traité sur place pour donner un « alliage blanc » contenant 18 % de [cobalt](#) et 11 % de cuivre qui est ensuite exporté, dans la raffinerie de Kokkola, en Finlande, où le groupe [Freeport McMoRan](#) associé à [Lundin Mining](#) et Gégamines extrayait du [cobalt](#), du germanium et du [cuivre](#). La production serait de 5 500 t/an de cobalt, 3 500 t/an de cuivre et 5 à 10 t/an de germanium (voir le chapitre [cobalt](#)). En mai 2019, la raffinerie de Kokkola a été acquise par Umicore.

La mine de plomb, cuivre, zinc, de Tsumeb, en Namibie, exploitée entre 1905 et 1996 a fourni 2,8 millions de t de [plomb](#), 1,7 million de cuivre, 0,9 million de t de zinc, 80 t de germanium avec un minerai renfermant 10 % de Pb, 4,3 % de Cu, 3,5 % de Zn, 100 g/t de Ag, 50 g/t de Ge. Les scories résultant de son exploitation, renferment 183 g de Ge/t, 200 g de Ga/t, 170 g de In/t.

### Fabrication industrielle

À partir de concentrés sulfurés de zinc (voir le chapitre [zinc](#)).

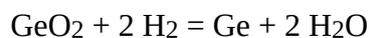
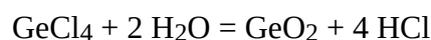
Lors du grillage des concentrés de zinc, le germanium est présent d'une part dans les poussières émises et d'autre part, dans la calcine, mélange d'oxydes issu du grillage. Pour le sulfure de germanium, la réaction de grillage est la suivante :



Le traitement hydrométallurgique de la calcine par une solution d'[acide sulfurique](#) génère des résidus solides contenant le germanium.

Les concentrés de germanium sont chlorés pour fournir du tétrachlorure de germanium,  $\text{GeCl}_4$ , qui avec une température d'ébullition de  $86^\circ\text{C}$ , à la pression atmosphérique, est facilement purifié par distillation fractionnée.

L'hydrolyse du tétrachlorure donne du dioxyde,  $\text{GeO}_2$ , qui peut être réduit par le [dihydrogène](#) pour donner le germanium.



Ce dernier est purifié par fusion de zone pour atteindre une pureté de 1 atome d'impureté pour  $10^{10}$  atomes de germanium. Cette technique a été inventée, en 1951, pour purifier le germanium, en vue de son utilisation comme semi-conducteur.

## Productions

En 2021, y compris le germanium recyclé. Monde, hors États-Unis : 140 t.

en tonnes

Chine 95    Russie 5

Source : USGS

Autres producteurs : la Belgique, le Canada, l'Allemagne, le Japon, l'Ukraine, les États-Unis.

- La Chine produit du germanium à partir de concentrés de zinc, de charbon et de lignite. Les exportations ont été, en 2017, de 21,1 t. La production provient principalement de la province du Yunnan avec les sociétés Yunnan Germanium, Yunnan Chihong Zn & Ge, Yunnan Lincang Xinyuan Germanium Industry.
- La production russe est effectuée exclusivement à partir de charbon. La société [Germanium and Applications](#) exploite le gisement de lignite de Pavlovskoye, en Sibérie Orientale (voir plus haut). La société [JSC Germanium](#) produit du germanium, à Krasnoyarsk, avec une capacité de production de 20 t/an, en partie à l'aide des concentrés fournis par Germanium and Applications.
- La Belgique produit du germanium, avec les installations d'[Umicore](#), à Olen.
- Le Canada, traite des concentrés de zinc importés des États-Unis. Les concentrés de zinc produits par [Teck](#), dans la mine de Red Dog, en Alaska, sont, en partie, pour environ 30 % de la production, traités dans la raffinerie de Trail, en Colombie Britannique, avec en 2007, dernière production publiée, 40 t de germanium.  
En 2017, les exportations du Canada ont porté sur 15 t de germanium contenu dans de l'oxyde.

- Aux États-Unis, à Clarksville, dans le Tennessee, [Nyrstar](#) raffine les concentrés de zinc produits dans les 6 mines souterraines exploitées par le groupe dans le Tennessee. En 2018, la production a été de 101 000 t de Zn raffiné. La production de germanium est sous forme de concentrés. En juillet 2019, Nyrstar est devenue filiale du groupe de négoce [Trafigura](#). [5N Plus](#), recycle du germanium à Saint George, dans l'Utah, pour produire des wafers. La raffinerie d'Utica, dans l'État de New-York, exploitée par [Indium Corporation](#) produit du tétrachlorure de germanium. [Umicore](#), recycle et raffine du germanium importé dans sa raffinerie de Quapaw, dans l'Oklahoma.

**Réserves** : les réserves des États-Unis seraient, dans les gisements de zinc d'Alaska et du Tennessee, de 2 500 t.

## Recyclage

Il représente environ 30 % de la consommation. Il est développé pour les résidus de fabrication des composants électroniques et des cellules solaires ainsi que dans la récupération des fenêtres pour vision nocturnes des engins militaires usagés.

## Situation française

**Production** : actuellement il n'y a pas de production.

De 1973 à 1992, l'exploitation du gisement de [zinc](#) de Saint-Salvy, a placé la France parmi les principaux producteurs, avec au total une production de 410 t. Le gisement a fourni 2,8 millions de t de minerai renfermant 11,7 % de zinc et 150 g/t de germanium.

**Commerce extérieur** : en 2023.

Les exportations étaient de 264 kg avec comme principaux marchés à :

- 88 % l'Allemagne,
- 10 % la Chine.

Les importations s'élevaient à 124,6 t en provenance principalement à :

- 60 % de Chine,
- 40 % de Belgique.

## Utilisations

**Consommations annuelles** : dans le monde, en 2017, 159,7 t dont, en 2020, pour les États-Unis, 30 t et pour la Chine, en 2015, 26 t.

**Secteurs d'utilisation** :

	Monde, en 2019	États-Unis, en 2016
Fibres optiques	34 %	40 %
Optique infra-rouge	22 %	30 %
Catalyse	21 %	0 %
Électronique et solaire	17 %	20 %

Source : USGS et Merchant Research & Consulting

C'est un semi-conducteur de type n intrinsèque. Il a été le premier matériau semi-conducteur employé en électronique, en particulier, en 1948, dans les premiers transistors. Depuis, il a été supplanté par le [silicium](#) et ne représente plus qu'environ 2 % des substrats de microélectronique.

Il est transparent dans le domaine de l'infrarouge, entre 1,8 et 23  $\mu\text{m}$  de longueur d'onde et il possède un indice de réfraction élevé, d'où son emploi dans les appareillages de vision nocturne.

L'oxyde de germanium est utilisé, à une teneur d'environ 4 %, comme dopant de la silice dans le cœur des fibres optiques afin d'augmenter son indice de réfraction. En 2012, la production japonaise a été de 45 millions de km.

L'oxyde de germanium est employé comme catalyseur de polymérisation du PET, particulièrement au Japon. Cette utilisation a consommé 10 t de  $\text{GeO}_2$ , en 2012.