

## Niobium 2023

Le niobium était et est encore parfois, aux États-Unis, appelé columbium bien qu'en 1949, l'IUPAC ait définitivement adopté le nom niobium.

### Matières premières

La teneur moyenne de l'écorce terrestre est de 8 ppm.

Le [tantale](#) est souvent associé au niobium dans ses gisements, les deux éléments possédant des propriétés chimiques proches. Toutefois, il existe des mines de niobium dans lesquelles le tantale n'est pas récupéré et réciproquement des mines de tantale dans lesquelles le niobium n'est pas exploité.

### Minerais

Les principaux minerais sont des oxydes avec :

- La famille des pyrochlores, dont la composition évolue entre celle du pyrochlore proprement dit  $(\text{Na,Ca})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH,F})$  et celle de la microlite  $(\text{Na,Ca})_2\text{Ta}_2\text{O}_6(\text{OH,F})$ . Le pyrochlore, exploité au Brésil et au Canada, est le principal minerai.
- La famille des niobio-tantalites ou colombo-tantalites, appelée coltan en Afrique Centrale, de formule :  $(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$ . Appelée niobite ou colombite lorsque le minerai est plus riche en niobium et tantalite lorsque c'est l'inverse.
- La loparite de formule  $(\text{Ce,Na,Ca})(\text{Ti,Nb})\text{O}_3$ . C'est un [niobiotitanate](#) de terres rares présent en Russie, dans la péninsule de Kola.
- La wodginite :  $(\text{Ta,Nb,Sn,Mn,Fe})_4\text{O}_8$ .

Les teneurs des minerais de niobium, exprimées en  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , sont comprises entre 0,6 % au Canada et 2,5 % au Brésil, pour le gisement d'Araxá.

Le niobium est également présent dans des minerais d'[étain](#) et de [titane](#), en substitution à l'étain dans la cassitérite et au titane dans le rutil et l'ilménite.

Les minerais de niobium renferment souvent de l'[uranium](#) et du thorium, radioactifs. Lorsque la radioactivité des produits commercialisés atteint 10 Bq/g celle-ci doit être déclarée et des précautions prises. Cette radioactivité correspond à une teneur de 0,13 % de  $\text{ThO}_2$  et 0,048 % de  $\text{U}_3\text{O}_8$ .

### Minéralurgie

A Araxá, au Brésil, le minerai a une teneur de 2,5 % de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  contenu dans du pyrochlore de baryum lui-même avec une teneur de 4 %. Le pyrochlore de baryum s'est formé par substitution, dans le pyrochlore, des ions calcium par des ions baryum. L'exploitation a lieu à ciel ouvert, sans utilisation d'explosifs, le minerai étant naturellement friable. Après broyage à environ 100  $\mu\text{m}$ , le minerai subit une séparation magnétique pour éliminer les 15 à 30 % de magnétite contenue, puis une flottation à pH compris entre 2,5 et 3,5 qui permet d'obtenir un concentré de pyrochlore.

Les concentrés de niobium commercialisés, sous forme de pyrochlore, ont une teneur de 54 à 60 % de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ .

## Productions minières

### Productions minières de niobium

*En 2023, en tonnes de Nb contenu, sur un total de 83 000 t.*

Brésil	75 000	Russie	440
Canada	7 000	Rwanda	190
R.D. du Congo	540		

*Source : USGS*

Les productions d'Afrique Centrale sont souvent artisanales et, en particulier, en République Démocratique du Congo contrôlées par des groupes armés. Les minerais exploités sont de la colombo-tantalite (coltan) ou de la cassitérite. Par exemple, en 2019, en niobium contenu, le coltan a représenté 220 t et la cassitérite 200 t.

Le pyrochlore, principalement exploité au Brésil et au Canada, est la principale source de niobium, avec plus de 99 % du total mondial. Le reste provient de la colombite ou de la cassitérite en Afrique Centrale et des laitiers issus du traitement des minerais d'étain, en Malaisie et en Thaïlande.

### Producteurs

**Parts de marché des principaux producteurs : en 2019.**

CBMM	78 %	Magris	8 %
CMOC	10 %	Autres	4 %

*Source : Roskill*

Les principaux producteurs sont les suivants :

- Le principal, et de loin, producteur mondial est la [Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração](#) (CBMM), qui exploite, à ciel ouvert, le gisement de pyrochlore de baryum d'Araxá dans le Minas Gerais, au Brésil. Le gisement est situé dans un cercle d'environ 4,5 km de diamètre, sur une épaisseur de 250 m. La capacité de production est de 98 000 t/an de Nb. Les réserves étaient, fin 2012, de 808 millions de t renfermant 2,5 % de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. CBMM produit du ferroniobium, avec 72 000 t en 2020, du niobium métal, des alliages de niobium, de l'oxyde et divers sels de niobium.
- Le groupe chinois [China Molybdenum](#) (CMOC), a acquis, en octobre 2016, les activités d'[AngloAmerican](#), au Brésil, dans le niobium et les [phosphates](#) avec la mine à ciel ouvert de Boa Vista dans l'état de Goiás, le concentré produit étant transformé en ferroniobium dans l'usine d'Ouvidor. La capacité de production est de 9 000 t/an. Les réserves sont de 48,9 millions de t de minerai renfermant 0,96 % de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 203,7 millions de t renfermant 0,34 % de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 12,16 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. En 2022, la production a été de 9 212 t de Nb.
- La mine de Pitinga, en Amazonie, est exploitée par [Mineração Taboca](#), filiale du groupe péruvien [Minsur](#). La production de niobiotantalite accompagne celle de cassitérite. Les concentrés miniers sont traités près de São Paulo pour donner d'une part de l'étain et d'autre part un ferroalliage FeNbTa renfermant 45 % de Nb et 4,2 % de Ta. En 2022, la production a été de 6 322 t d'étain et de 4 008 t de ferroalliages renfermant 46,87 % de NbTa. Les réserves prouvées et probables sont de 211 millions de t renfermant 0,153 % de Sn, 0,207 % de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 0,027 % de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

- [Niobec](#), acquise en janvier 2015 par [Magris](#) exploite une mine souterraine de niobium à Saint Honoré, près de Chicoutimi, au Canada, dans la province de Québec. La mine est exploitée depuis 1976. La production est de 5 900 t/an de Nb. Les réserves sont de 416 millions de t à 0,41 % de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. En 1994, a débuté une production de ferroniobium.
- En Russie, le minerai de loparite, exploité par [Solikamsk Magnesium Works](#), filiale du groupe [Uralkali](#), renferme de 28 à 30 % d'oxydes de terres rares, de 35 à 38 % de [dioxyde de titane](#), de 7,5 à 8 % d'oxyde de [niobium](#), de 0,5 à 0,8 % d'oxyde de [tantale](#). Les concentrés obtenus titrent environ 32 % de terres rares, surtout cériques. Ils sont traités en partie sur place et en partie exportés à Sillamäe, en Estonie, dans l'usine de [Neo Performance Materials](#) pour séparer les terres rares. En 2019, la production a été de 9 472 t de loparite qui ont donné 2 620 t d'oxydes de terres rares, 1 946 t de titane dans de l'[éponge de titane](#) et du tétrachlorure, 659 t d'oxyde de niobium et 31,6 t d'oxyde de tantale.
- Aux États-Unis, la société canadienne [NioCorp](#) développe le projet de la mine souterraine d'Elk Creek dans le Nebraska. Les réserves probables sont de 36,6 millions de t renfermant 0,81 % de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 2,92 % de [TiO<sub>2</sub>](#) et 70,2 g/t de [scandium](#). La production prévue est de 12 063 t/an de [TiO<sub>2</sub>](#), 7 450 t/an de ferroniobium à 65 % de Nb et 104 t/an d'oxyde de scandium (Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

## Réserves

Les réserves mondiales étaient supérieures à 17 millions de t de niobium contenu en 2023, réparties entre le Brésil et le Canada.

en milliers de t de niobium contenu

Brésil 16 000    Canada 1 600

Source : USGS

## Préparation industrielle

Les concentrés miniers sont en grande partie réduits, par pyrométallurgie, pour donner du ferroniobium.

### Ferroniobium

Il contient en moyenne 65 % de niobium.

Les concentrés miniers issus des minerais de pyrochlore sont réduits par aluminothermie pour donner du ferroniobium. La réaction est la suivante :



Par exemple, Niobec produit par opération 2 400 kg de ferroniobium à partir de 3 500 kg de concentré minier, 1 000 kg d'[aluminium](#), 675 kg d'oxyde ferrique et 675 kg d'autres produits dont du nitrate de sodium. Après amorçage de la réaction, en 10 minutes, la température atteinte est de 2 250°C. 14 fusions sont réalisées par jour.

En 2018, la production mondiale de ferroniobium destinée à la production d'[acier](#) a représenté 64 929 t de niobium contenu, soit 90,8 % de la consommation de niobium dont, en 2015 sur un total de 56 200 t :

- 50 000 t au Brésil,
- 5 760 t au Canada,

- 400 t en Russie.

**Ferroniobium de qualité sous vide et alliages Nb-Ni, Nb-Ti, Nb-Zr, Nb-Cu...** : ces alliages destinés à des applications de hautes technologies ([superalliages](#) pour l'aéronautique, matériaux supraconducteurs, nucléaire...) demandent une purification poussée, obtenue par fusion par bombardement électronique sous vide. Ils représentaient, en 2018, 3,7 % de la production de niobium.

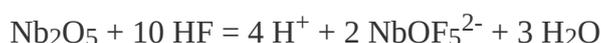
### Niobium métal

Sa production représentait, en 2018, 1 % de l'ensemble de la production des produits de niobium. Sa teneur est de 99,9 % de Nb.

Il est produit par aluminothermie, sans ajout d'oxyde de fer. Sa purification est réalisée par fusion sous bombardement électronique, sous vide.

### Oxyde de niobium

La production d'oxyde de niobium, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, est obtenue par hydrométallurgie, à l'aide d'une lixiviation à chaud par de l'[acide fluorhydrique](#) et de l'[acide sulfurique](#) selon la réaction :



Le niobium et le tantale sont extraits par solvant, par exemple à l'aide de méthylisobutylcétone (MIBK) puis, le niobium est récupéré en solution aqueuse sous forme d'ion NbOF<sub>5</sub><sup>2-</sup> par lavage à l'acide sulfurique alors que le tantale reste dans la phase organique d'où il est ensuite extrait.

Un traitement par l'[ammoniac](#) donne, par précipitation, de l'hydroxyde de niobium qui, par calcination, donne l'oxyde.



L'oxyde de niobium est à la base de la production de composés chimiques du niobium. L'oxyde et les divers composés chimiques issus de l'oxyde représentaient, en 2018, 4,5 % de la production totale de produits du niobium.

### Situation française

En 2023, il n'y avait pas de production.

### Commerce extérieur

Les **exportations** étaient de 500 t pour le ferroniobium avec comme marché principal les Pays Bas à 81 %, la Turquie à 13 %.

Les **importations** s'élevaient à 1 442 t de ferroniobium en provenance principalement à 90 % du Brésil, 5 % du Canada.

### Utilisations

La principale utilisation du niobium est sous forme de ferroniobium, en sidérurgie.

## Consommations

En 2020, la consommation mondiale de ferroniobium a été de 95 000 t, soit, en 2017, 55 g de Nb/t d'acier avec la répartition suivante :

Chine	25 %	Japon	10 %
Union européenne	24 %	Reste de l'Asie	11 %
Amériques	21 %		

*Source : Niobec*

En 2021, la consommation des États-Unis a été de 7 000 t de niobium.

## Secteurs d'utilisation du ferroniobium

En 2021, aux États-Unis, 80 % des utilisations sont destinées à l'élaboration d'aciers, 20 % à celle de superalliages.

En 2020, l'emploi du niobium a concerné les secteurs d'application suivants :

Construction	52 %	Pipelines	11 %
Automobiles et transports	29 %	Aérospatial et défense	3 %

*Source : Mordor Intelligence*

Le développement ces dernières années de la consommation de niobium est lié à son utilisation dans les [aciers](#) microalliés à haute limite élastique (HSLA).

10 % des aciers utilisés dans le monde contiennent du niobium, généralement à de très faibles teneurs de 0,02 à 0,11 %. En 2017, dans le monde, en moyenne, la teneur en niobium est de 55 g de Nb/t d'acier. Dans l'Union européenne elle est de 130 g/t, en Chine, de 22 g/t. L'augmentation des propriétés mécaniques des aciers et en particulier de leur limite d'élasticité est obtenue par un affinement du grain ferritique et par une fine précipitation durcissante. Ces résultats sont obtenus à l'aide de niobium, [vanadium](#) ou [titane](#), le niobium formant des précipités de carbures ou de carbonitrides. L'utilisation de ces aciers permet, à propriétés mécaniques identiques, de réduire l'épaisseur des aciers et donc leur poids.

Dans la construction de véhicules automobiles, 300 g de niobium dans l'acier utilisé permet de réduire le poids de 200 kg. Par ailleurs, le niobium qui augmente la résistance à la corrosion à chaud des [aciers inoxydables](#) est utilisé dans les pots d'échappement.

La construction du viaduc de Millau a utilisé de l'acier contenant 0,025 % de Nb. Cet acier à haute limite élastique a permis une diminution du poids de l'acier et du [béton](#) utilisés de 60 %.

La construction du pont de l'Øresund, entre Suède et Danemark, a utilisé de l'acier contenant 0,022 % de Nb qui a permis une réduction de poids de 15 000 t.

L'acier des pipelines transportant le [gaz naturel](#) ou le [pétrole](#), sous pression, contient toujours du niobium, jusqu'à des teneurs de 0,11 %. La présence de niobium augmente la résistance de l'acier à la corrosion par le [sulfure d'hydrogène](#) et sa tenue aux basses températures.

## Autres utilisations du niobium

### Superalliages

Ils sont utilisés dans les réacteurs pour l'aéronautique et les turbines pour centrales électriques.

L'Inconel 718 contient en poids de 5,3 à 5,5 % de Nb. Il est employé, par exemple dans le réacteur CFM-56 de General Electric et Snecma qui renferme 300 kg de niobium.

### **Matériaux supraconducteurs**

Les alliages Nb<sub>3</sub>Sn ou NbTi sont supraconducteurs à très basse température, par exemple en dessous de 18 K pour Nb<sub>3</sub>Sn et 10 K pour NbTi. Refroidis par de l'[hélium](#) liquide, à 4 K, ils sont employés pour générer des champs magnétiques intenses en IRM, en RMN ou dans des accélérateurs de particules. Par exemple, le [Large Hadron Collider](#) du CERN, à Genève, génère un champ magnétique de 8,3 teslas à l'aide de bobines magnétiques constituées par un câble comportant 36 brins torsadés eux-mêmes formés par 6 000 à 9 000 fils de 7 µm. Au total, la longueur de câble est de 7 600 km soit, pour les fils en Nb-Ti, plus de 5 fois l'aller-retour entre la terre et le soleil, avec un poids total de 500 t d'alliage.

### **Utilisations diverses**

On peut citer les autres utilisations suivantes :

- Les monocristaux de niobiate de lithium (LiNbO<sub>3</sub>), piézoélectriques, pyroélectriques et ferroélectriques, sont utilisés comme guides d'ondes.
- L'oxyde de niobium est employé, pour élaborer des [verres](#) pour applications ophtalmiques, microscopes, caméras vidéo.
- La fabrication de condensateurs à l'aide de poudre métallique.