

## NIOBIUM 2015

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.

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

### MATIERES PREMIERES

**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 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.

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 rutile 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 à 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 MINIERES** : la production mondiale est, en 2015, de 56 000 t de niobium contenu.

Brésil	50 000 t	Burundi, en 2014	30 t
Canada	5 000 t	Mozambique, en 2014	20 t
Rwanda, en 2014	200 t	Ethiopie, en 2014	20 t
R. D. du Congo, en 2014	90 t	Nigéria, en 2014	20 t

Source : USGS

Les productions d'Afrique Centrale sont souvent artisanales et, en particulier, en République Démocratique du Congo effectuées par des groupes armés. Les minerais exploités sont de la colombo-tantalite (coltan).

Le pyrochlore, principalement exploité au Brésil et au Canada, est la principale source de niobium, avec 98 % du total mondial. Les 2 % restant proviennent de la colombite en Afrique Centrale et des laitiers issus du traitement des minerais d'étain, en Malaisie et en Thaïlande.

### Producteurs :

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 59 000 t/an de Nb. Les réserves sont, fin 2012, de 808 millions de t renfermant 2,5 % de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. CBMM produit du ferroniobium, du niobium métal, des alliages de niobium, de l'oxyde et divers sels de niobium.

AngloAmerican exploite à ciel ouvert, au Brésil, la mine de Boa Vista dans l'état de Goiás, le concentré produit étant transformé en ferroniobium dans l'usine d'Ouvidor. En 2015, la production a été de 5 100 t de niobium contenu, la capacité de production devant être portée à 6 800 t/an en 2016. Les réserves sont de 17,7 millions de t de minerai renfermant 0,7 % de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. En avril 2016, les activités d'AngloAmerican, au Brésil, dans le niobium et les phosphates ont été vendues au groupe chinois China Molybdenum (CMOC).

La mine de Pitinga, en Amazonie, est exploitée par Mineração Taboca, filiale du groupe péruvien Minsur. La production de niobiotantalite est coproduite avec celle de cassitérite avec une capacité de production de 140 t/an de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> à partir d'un minerai renfermant 0,21 % d'étain et 0,23 % de niobium et tantale. 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, 25 % de Fe et 4,2 % de Ta. En 2015, la production a été de 5 525 t d'étain et de 5 283 t de concentré renfermant 35,52 % de (Nb,Ta)<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soit 1 085 t de niobium et tantale.

Niobec, société du groupe Iamgold, acquise, en janvier 2015, par Magris Resources 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.

**Réserves** : en 2015, en milliers de t de niobium contenu. Monde : 4 300.

Brésil	4 100	Canada	200
--------	-------	--------	-----

Source : USGS

## PREPARATION INDUSTRIELLE :

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

**Ferroniobium** : il contient en moyenne 60 % 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.

En 2014, la production mondiale de ferroniobium destinée à la production d'acier a représenté 54 000 t de niobium contenu, dont 48 000 t au Brésil, 5 600 t au Canada et 360 t en Russie.

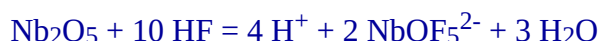
**Ferroniobium de qualité sous vide et alliages Nb-Ni, Nb-Ti, Nb-Zr, Nb-Cu...** : ces alliages destinés à des applications de hautes technologies (superalliages pour l'aéronautique, matériaux supraconducteurs, nucléaire...) demandent une purification poussée, obtenue par fusion par bombardement électronique sous vide. Ils représentent, en 2012, 6 % de la production de niobium.

**Niobium métal** : sa production représente, en 2012, 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,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , 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  $\text{NbOF}_5^{2-}$  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 représentent, en 2012, 5 % de la production totale de produits du niobium.

## SITUATION FRANCAISE : en 2015.

- Pas de production.
- Importations de ferroniobium : 1 212 t à 81 % du Brésil, 15 % du Canada.
- Exportations de ferroniobium : 918 t à 95 % vers les Pays Bas.

## **UTILISATIONS :**

### **Consommations :**

En 2010, la consommation mondiale de ferroniobium a été de 78 100 t, soit 55 g de Nb/t d'acier.

Répartition de la consommation mondiale :

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

Source : Niobec

En 2015, la consommation des Etats-Unis a été de 7 600 t.

**Secteurs d'utilisation du ferroniobium** : en 2014, dans la production d'aciers destinés à :

Construction	45 %	Pipelines	16 %
Automobiles	23 %	Aciers inoxydables	6 %

Source : USGS

Ferroniobium : utilisation en sidérurgie.

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 %.

L'augmentation des propriétés mécaniques des aciers et en particulier de leur limite d'élasticité est obtenu 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 utilisé 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 %. De plus, la présence de niobium augmente la résistance de l'acier à la corrosion par de sulfure d'hydrogène et sa tenue aux basses températures.

Superalliages : 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.

#### Supraconducteur :

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 Tesla 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 :

- 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, des microscopes, des caméras vidéo.
- Fabrication de condensateurs à l'aide de poudre métallique.