

Le niobium



© Conseil national de recherches Canada

Décembre 2011

Métal relativement abondant, mais produit dans très peu de pays, il est devenu indispensable dans les aciers spéciaux pour l'aéronautique, le nucléaire et l'automobile.

> Propriétés

Le niobium (Nb) est le 41^e élément du tableau de Mendeleïev. Bien que cette dénomination soit reconnue sur le plan international, le niobium est encore parfois nommé columbium (Cb) aux Etats Unis.

C'est un métal tendre, assez dense, réfractaire (points de fusion et d'ébullition élevés).

Son utilisation industrielle est relativement récente, sous forme de ferro-niobium dans la confection d'aciers spéciaux, auxquels il apporte une limite d'élasticité élevée, ainsi que dans les superalliages, sous forme de Nb₂O₅.

Il entre par ailleurs dans la composition de condensateurs, de supraconducteurs, de verres spéciaux et d'éléments optiques.

> Usages

Le ferro-niobium (à 65-70 % Nb) est de plus en plus utilisé dans la production mondiale d'aciers. Il sert à la fabrication :

- des aciers micro-alliés, contenant de 0,01 à 0,1% Nb (augmentation de la résistance de 15 MPa pour 0,01% Nb ajouté), représentant 79% de la consommation mondiale de niobium,
- de certains aciers inoxydables (amélioration de la résistance à la corrosion), pouvant contenir 0,5% Nb et représentant 13% de la consommation de Nb.

Le niobium est aussi utilisé pour des superalliages, pouvant contenir jusqu'à 6% Nb (7% de la consommation mondiale) et pour divers autres usages (moins de 1%).

Les aciers micro-alliés sont utilisés :

- dans l'industrie automobile (25% des utilisations du ferro-niobium), en produits plats, pour les roues et les pare-chocs (amélioration de la sécurité),
- pour les pipelines (plus de 50% des utilisations), ce qui permet l'augmentation de leurs diamètres, et la mise en place en conditions sous-marines profondes,
- dans la construction (usage structural), pour les plates-formes pétrolières soumises à de fortes contraintes.

Les aciers inoxydables sont utilisés dans l'industrie automobile, notamment pour les pots d'échappement (durée de vie pouvant tripler).

N° atomique	Masse atomique
41	186,2
Nb	
Niobium	
Pt de fusion	Pt d'ébullition
2 477°C	4 741°C
Densité	Clarke
8,57	20 ppm



© periodictable.com

> Usages (suite)

Superalliages : environ 3000 t/an de niobium, sous forme d'oxyde Nb_2O_5 , sont utilisés dans l'aéronautique (60% du marché), les turbines électriques (15%) et dans les aciers inoxydables (25%) :

- dans l'industrie aéronautique, où les températures des chambres de combustion des réacteurs sont élevées pour réduire la consommation en carburant, le siliciure de niobium Nb_5Si_3 offre les qualités des superalliages pour un gain de masse de 30 % et permet des procédés de fabrication par moulage (projet européen Ultmat pour les turbines),
- dans l'aérospatiale, les aciers et superalliages au niobium entrent dans la composition de pièces de haute résistance ou soumises à hautes températures (60% des aciers dans Apollo 11, par exemple)



© wikipedia NASA

- dans l'industrie nucléaire le niobium entre dans l'élaboration de superalliages à moins de 1 % Nb, (réacteurs à eau sous pression),
- en électronique, les condensateurs au niobium sont moins performants que les condensateurs au tantale, mais sont moins chers,
- le niobium, en alliage avec le germanium ou le titane, sert à la production de supraconducteurs pour créer des champs magnétiques élevés dans les accélérateurs de particules et dans l'imagerie médicale par résonance magnétique,
- le niobium entre dans la fabrication de produits non métalliques, tels que les verres optiques et les condensateurs en céramique.

Substitution : la substitution du ferro-niobium par le ferro-vanadium est techniquement possible. Cependant les fluctuations très importantes du prix du ferro-vanadium font que les utilisateurs préfèrent le ferro-niobium.

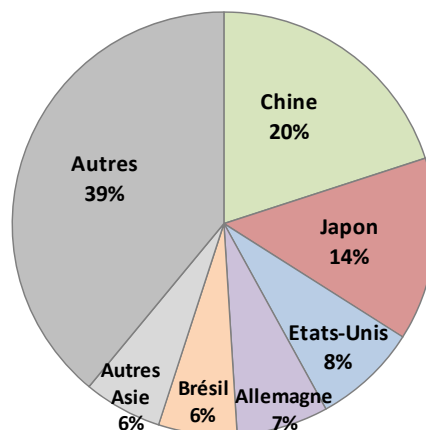
> Consommation mondiale

Au total, la consommation mondiale s'établit depuis 2007 aux alentours de 62 000 t de niobium métal (90 000 t de Nb_2O_5), avec une production minière de l'ordre de 60 000 à 63 000 t/an.

En 2006, elle s'est répartie entre Europe (30%, dont 7% pour l'Allemagne) Chine (20%), Japon (14%), USA (8%), Inde, Corée, Russie, Brésil... En 2010 les statistiques ne sont pas disponibles, mais la part de la Chine a probablement atteint 30% de la consommation mondiale, et celle de l'Inde augmenté sensiblement.

La consommation de ferro-niobium, qui représente plus de 90% de l'utilisation de Nb, est en phase directe avec celle des aciers spéciaux, donc avec un taux de croissance très élevé, de l'ordre de 20 % par an, passant de 7 000 tonnes en 1970 à plus de 70 000 tonnes en 2008.

Ce sont les aciers micro-alliés à haute limite d'élasticité (HLE) qui constituent le principal débouché, dans l'industrie automobile où, moins coûteux que les alliages d'aluminium, ils permettent d'utiliser moins d'aciers classiques, contribuant à l'allègement des véhicules et donc à une diminution de la consommation de carburants.



Répartition de la consommation mondiale de ferro-niobium HLE en 2006 (d'après Roskill, 2009)

Le reste de la consommation de niobium, sous forme de Nb_2O_3 et Nb métal (moins de 10%) est destinée aux superalliages et aux autres usages annexes.

Recyclage : le niobium, très disséminé dans les aciers, n'est pas récupéré en tant que tel au cours de leur recyclage. La sidérurgie américaine recycle environ 20 % du niobium, et environ 12 % du niobium contenu dans les superalliages ou alliages base niobium sont récupérés (Techniques de l'Ingénieur). L'importance des ressources en niobium et sa grande dispersion dans les aciers ne contribuent pas à augmenter l'effort de récupération.

Risques sanitaires et réglementation : le niobium n'a pas de rôle biologique connu et n'a pas fait l'objet d'étude toxicologique poussée. Ses composés, rares dans la nature, sembleraient toxiques ou écotoxiques. Résistant à la corrosion et sans effets allergiques, il est utilisé pour les conduites d'eau et d'égout en aciers, et dans la confection de bijoux fantaisie et de piercings.

> Ressources et production

Le niobium, deux fois plus fréquent que le plomb dans l'écorce terrestre, se concentre dans des roches ignées très différenciées (coupoles granitiques) et par altération latéritique, dans des carbonatites de complexes alcalins.

On trouve de nombreux minéraux niobifères, dont certains forment des gisements exploitables, essentiellement le pyrochlore ($\text{NaCaNb}_2\text{O}_6\text{F}$), 99% de la production mondiale et le accessoirement le coltan, ou columbo-tantalite ($\text{Fe,Mn}(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$).

Le pyrochlore est actuellement exploité par deux pays, le Brésil et le Canada, qui assurent une production de Nb métal de plus de 60 000 t/an. Le coltan, produit dans quelques pays, principalement l'Australie, le Rwanda, le Nigeria, le Burundi, le Congo, le Mozambique et la Russie, reste pour l'instant marginal en tant que source de niobium.

En France métropolitaine, les secteurs potentiels à niobium ne sont pas évalués et se trouvent en Bretagne (Finistère), en Alsace ainsi qu'au Nord du Massif Central (Beauvoir-Echassières). En Guyane, des petits placers alluvionnaires à columbo-tantalite ont été exploités de façon artisanale.

Les ressources mondiales sont évaluées par l'USGS à 25 Mt de Nb_2O_3 , soit 200 ans au rythme de consommation actuel, dont 80% au Brésil, le reste étant réparti entre l'Australie, le Canada, la Chine, l'Arabie, l'Egypte et la Russie. Ces ressources sont essentiellement liées aux carbonatites des complexes alcalins, qui sont des formations géologiques assez rares (environ 500 sites reconnus dans le monde).

L'Europe semble dépourvue de ressources notables en niobium, même s'il existe des carbonatites dans le graben du Rhin, dans le bouclier baltique et au Groenland. Certains gisements de ce type pourraient devenir économiques par une valorisation de l'ensemble des produits associés (terres rares et phosphate).

> Traitement des minerais

Les minerais à pyrochlore, exploités à ciel ouvert (Brésil) ou en mine souterraine (Canada), sont broyés, traités chimiquement pour dissoudre l'apatite et éliminer baryum, phosphore et sulfures, puis sont enrichis par flottation. Ce traitement primaire produit des concentrés commercialisables à 55-60% Nb_2O_5 .

Les minerais à columbo-tantalite, exploités de façon artisanale, suivent des filières moins traçables.

> Métallurgie

Le traitement métallurgique des concentrés produit, de façon intermédiaire, le ferro-niobium et les oxydes de niobium, qui servent de base à une métallurgie plus fine pour une gamme de produits diversifiés :

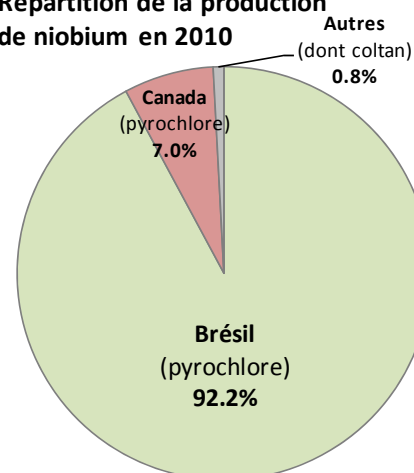
- Le ferro-niobium est obtenu par aluminothermie à partir des concentrés, après grillage, et réduction avec un ajout d'aluminium en poudre et d'oxyde ferrique,



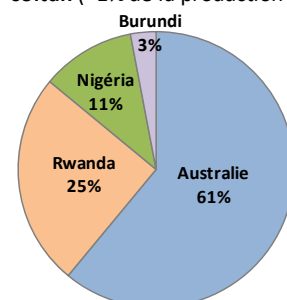
Ferro-niobium © GfM FESIL

- L'oxyde de niobium est obtenu par procédé hydro-métallurgique, directement à partir des concentrés à niobium-tantale. Le procédé est complexe, avec des phases d'extraction par lessivage acide, par filtration, séchage, calcination.

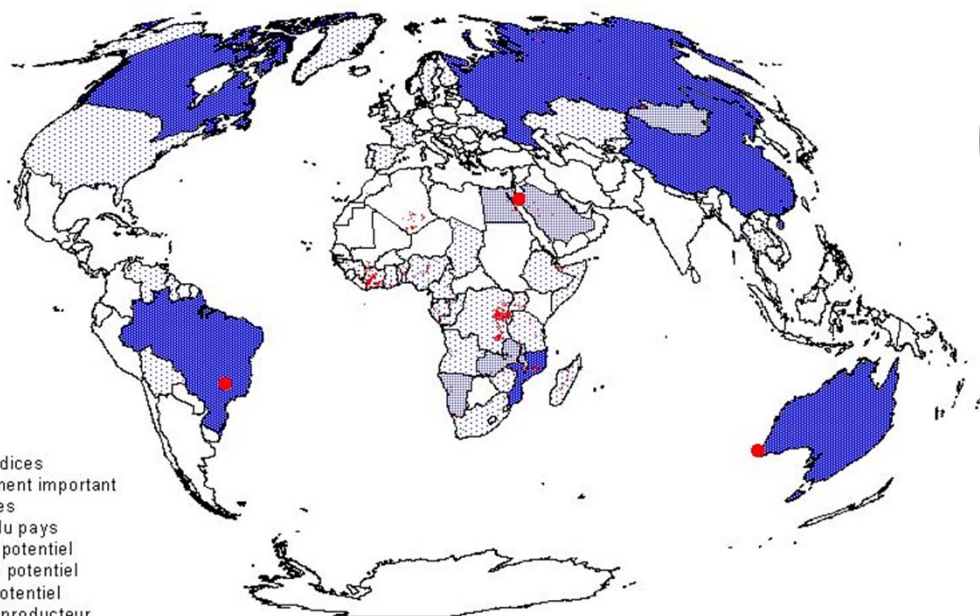
Répartition de la production de niobium en 2010



Répartition de la production de coltan (<1% de la production de Nb)



mineralinfo.fr



Répartition du potentiel minier en niobium

> Acteurs industriels

Le principal producteur de ferro-niobium est la société CBMM au Brésil (72 000 t exportés en 2007, en partie par déstockage). Parallèlement, ce pays a produit plus de 2900 t d'oxyde de niobium à partir de résidus de mines d'étain et de colombo-tantalite en 2007.

Le Canada reste en 2007 le second acteur sur le marché mondial, avec les sociétés Niobec, Dynatec et Tanco, qui ont fourni plus de 4000 t de ferro-niobium.

Les principaux utilisateurs de ferro-niobium sont les aciéristes pour la fabrication des aciers micro-alliés et les métallurgistes élaborateurs des alliages spéciaux. Près de 20 000 t de ferro-niobium ont été livrés à Rotterdam par le Brésil en 2007, afin d'approvisionner le marché européen, dont plus de 2600 t pour les aciéristes en France.

Les principaux producteurs d'aciers inox européens sont en 2007 l'Italie (1,77 Mt), la Belgique (1,52 Mt), l'Allemagne (1,5 Mt), l'Espagne (1,1 Mt), la Finlande (0,99 Mt), la Suède (0,64 Mt). Cette production, stabilisée à 8,7 Mt en 2007, représentant 30 % de la production mondiale. Avec la Chine, les USA et le Japon, ces marchés représentent plus de 75% des exportations de ferro-niobium du Brésil.

La production française d'acier inox, qui a atteint 1 Mt en 2003, n'a pas dépassé 275 000 t en 2007 (aciers rapides, aciers HSLA, alliage ASP 2017 à 1% Nb et ASP 2055 à 2,1% Nb d'Erasteel).

Les secteurs industriels utilisateurs de niobium tels que l'aéronautique, l'électronique, le nucléaire et la chimie nécessitent des produits plus élaborés ou de plus grande pureté :

- ferro-niobium de qualité contrôlée, nickel-niobium, chrome-niobium, niobium métal ;
- alliages avec du hafnium, du tungstène, du tantale, du titane ou du zirconium (Nb allié à 1 % de Zr est très utilisé dans l'industrie nucléaire et d'autres environnements corrosifs) ;
- alliages Nb (50-56%) Ti (44-50%) pour supraconducteurs ;
- niobates de lithium et niobates de potassium produits sous formes de monocristaux pour usages optico-électroniques et électroniques ;
- dérivés d'oxydes (carbures, berylliures, borures et nitrures de niobium), bromures, dioxydes, éthylates, hydrures, iodures, méthylates, oxalates, pentachlorures, phénolates, phosphates, pentafluorures, niobates de potassium, siliciures, sulfures.. la plupart de ces composés sont utilisés essentiellement dans la préparation de catalyseurs.

Ces produits hautement spécifiques sont élaborés par des sociétés spécialisées.

> Prix

Il n'existe pas de cotation publique du prix du niobium. Les prix moyens du ferro-niobium arrivé en Europe sont publiés depuis mars 2009 par Metal Pages. Le Département National de la Production Minérale brésilien publie un prix moyen annuel de vente du ferro-niobium à 66% Nb (en US\$/kg de Nb contenu) et d'oxyde de niobium (en US\$/kg de Nb₂O₅). Le prix du ferro-niobium était resté relativement stable autour de 13 US\$ entre 1997 et 2006. Il a fortement augmenté en 2007 et 2008, comme celui de la plupart des matières premières minérales, jusqu'à 33 US\$ en 2008, pour redescendre à 23 en 2009-2010. En janvier 2012, le prix rendu Europe était de 42,8 US\$/kg.

> Criticité

Il existe 2 niveaux de criticité concernant le niobium :

- d'une part une criticité actuellement faible pour le ferro-niobium utilisé comme base pour la fabrication d'aciers et d'alliages classiques, le fournisseur principal CBMM au Brésil approvisionnant le marché de manière suffisante et régulière en adaptant ses capacités de production, ce qui maintient un équilibre entre CBMM et ses clients et empêche une volatilité trop importante des prix ;
- d'autre part une criticité réduite concernant les produits plus élaborés (à teneur contrôlée, alliages complexes, composés chimiques purs, niobium métal) utilisés pour la fabrication de produits aux applications très spécifiques (superalliages, verres spéciaux...) par le fait que de nombreux fabricants de produits intermédiaires existent en Europe et dans le monde. L'approvisionnement principal provenant toujours de la société brésilienne CBMM, la vulnérabilité des filières françaises est moins dépendante de difficultés d'approvisionnement que d'un manque de connaissance des sources alternatives.

