

Le tungstène



© www.deltametal.fr

Septembre 2012

Le tungstène est un métal très dur, dense et réfractaire, utilisé surtout sous forme de carbure et d'aciers spéciaux, pour des outils de coupe et d'usinage, et des pièces résistant à la chaleur.

> Propriétés

Le tungstène (W, de l'allemand Wolfram), est le 74^{ème} élément du tableau de Mendeleïev. Il est peu abondant dans l'écorce terrestre (1,25 ppm).

C'est un métal dur (7,5 dans l'échelle de Mohs), très dense (19,25 g/cm³), très réfractaire (température de fusion 3 422 °C), très résistant à la traction même à haute température, avec un très faible coefficient de dilatation thermique.

Le tungstène métal est résistant à la corrosion aux acides et à l'oxydation, jusqu'à 400°C.

Il se combine avec le carbone pour former un carbure (WC), de dureté très élevée (près de 9 dans l'échelle de Mohs).

En alliage avec les aciers, il augmente leur dureté et leur résistance à la chaleur.

> Usages

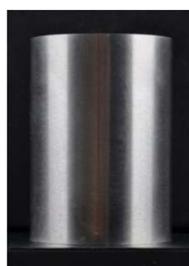
Le tungstène est utilisé à plus de 50 % pour l'élaboration de carbures cémentés.

La dureté et la ténacité de ces produits sont mis en œuvre dans les outils d'usinage et de coupe (scies, forets, fraises, poinçons, outils de tour), dans le tréfilage, les revêtements de protection d'usure, les outils pour travaux publics (forages, exploitation de mines et de carrières, tunneliers), ainsi que les billes de stylos, les munitions, la bijouterie, etc.



Trépan de forage rotatif à dents en carbure de tungstène (© www.mining.sandvik.com)

N° atomique	Masse atomique
74	183,8
W	
Tungstène	
Pt de fusion	Pt d'ébullition
3 422°C	5 555°C
Densité	Clarke
19,25	1,25 ppm



Tungstène métal à 99,95% W

Les aciers au tungstène (environ 25 % de la consommation) sont utilisés :

- dans les outils pour travail à chaud ou à froid (aciers rapides, à 12 à 18 % de W) ;
- dans certains aciers inoxydables à 1 à 6% W, pour pièces résistantes à la fatigue, à la corrosion, à la chaleur.

> Usages (suite)

Les alliages et superalliages de tungstène (2,5 % de la consommation) sont utilisés pour la confection de pièces manufacturées devant résister à des hautes températures : aubes de turbine des moteurs d'avion, des centrales à gaz, pièces de fours métallurgiques.

Les alliages lourds à 90-98 % W sont utilisés pour leur densité (contrepois, projectiles de percement de blindage) ou pour la radioprotection (environ 1 %).

Le tungstène métal est utilisé (13 % de la consommation) pour les filaments des ampoules à incandescence, halogènes, les électrodes des tubes et ampoules à décharge, les contacteurs électroniques, les résistances chauffantes de fours industriels, les appareils à rayons X. Il devrait être mis en œuvre, avec d'autres métaux, dans le revêtement de la chambre à plasma d'ITER.



Ampoule à filament de tungstène

Des composés chimiques du tungstène sont utilisés en catalyse, fabrication de semi-conducteurs ainsi que de pigments, luminophores pour lasers, tubes cathodiques ou fluorescents (6 à 8 % de la consommation).

> Substitution

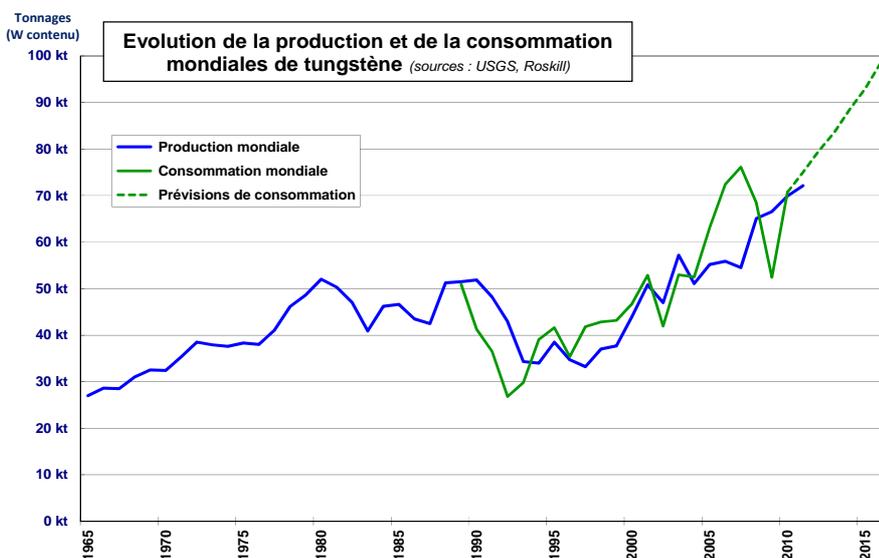
Le tungstène peut être substitué, mais souvent avec des performances moindres et parfois des prix plus élevés :

- dans les carbures cémentés, par des carbures de molybdène ou de titane, des céramiques ou des composites céramiques-métal ;
- dans certains aciers au tungstène, par des aciers au molybdène ;
- dans les applications de haute densité, par de l'uranium appauvri.

Pour l'éclairage, le basculement vers des ampoules basse consommation a un impact limité sur la consommation, puisque le tungstène reste utilisé pour les filaments des lampes halogènes et pour les électrodes des lampes à décharge et tubes fluorescents.

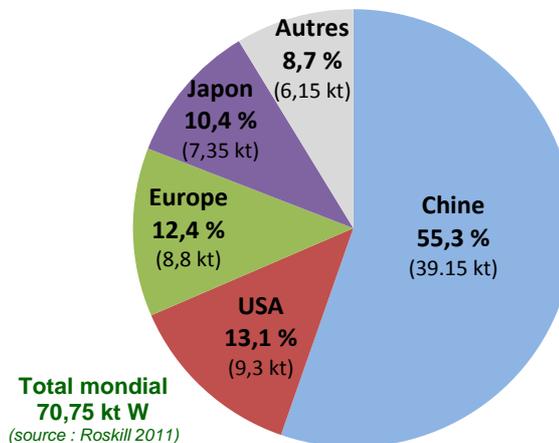
> Consommation mondiale

Après une croissance assez continue de 27 kt en 1992 à 76 kt en 2007, la consommation de tungstène a baissé entre fin 2008 et 2009 (52 kt en 2009). Elle s'est redressée en 2010 (70 kt) puis en 2011, ou elle devrait dépasser 75 kt de tungstène primaire.



La Chine est le plus gros consommateur mondial de tungstène (55% en 2010), ce qui reflète, au-delà de la consommation intérieure, la part importante des produits finis ensuite exportés (ampoules d'éclairage, par exemple).

Consommation mondiale de tungstène en 2010, en kt de W contenu



> Recyclage

Les rebuts de production du tungstène (environ 10% du total) sont systématiquement recyclés. Parmi les produits en fin de vie, environ un quart du tungstène contenu serait recyclé. Le recyclage des carbures cémentés est assez répandu et performant (procédé au zinc). Ce tungstène issu du recyclage représente ainsi environ 1/4 à 1/3 des approvisionnements mondiaux.

> Risques sanitaires et réglementation

Le tungstène n'a pas de fonction biologique connue et, contrairement à d'autres métaux lourds, il n'a pas de forte toxicité et n'est pas allergisant. Les éventuelles intoxications sont exceptionnelles et ne concernent que de très fortes expositions professionnelles.

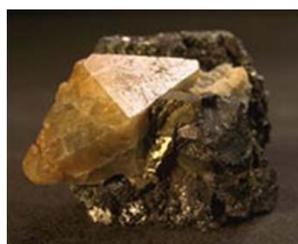
> Ressources et réserves

Le tungstène est peu abondant dans l'écorce terrestre (1,25 ppm, comme le molybdène). Quelques gisements sont des gîtes stratiformes à scheelite, mais la plupart sont liés à des intrusions de roches granitoïdes :

- filons de quartz à wolframite ((Fe,Mn)WO₄), dans des leucogranites ;
- skarns à scheelite (CaWO₄) par métamorphisme de contact d'un granite dans des calcaires ;
- plus marginalement porphyres à molybdène avec tungstène en sous-produit.



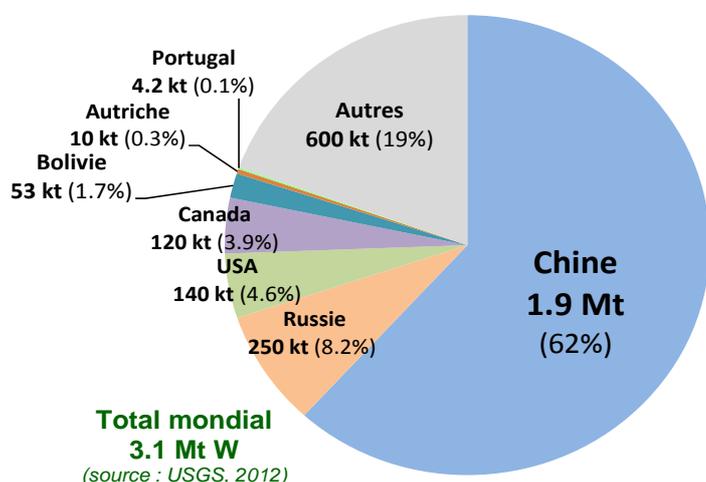
Wolframite sur quartz (Leucamp, France)
(photo J.-F. Labbé, BRGM)



Scheelite (Piémont, Italie), MNHN
(photo U. de Cayeux, BRGM)

Les réserves mondiales identifiées sont évaluées à 3,1 Mt de tungstène contenu (USGS, 2012), et les "reserves base" (USGS, 2009) à 6,3 Mt. Elles correspondent respectivement à 43 et 87 années de consommation actuelle. Plus de 60% de ces réserves sont situées en Chine.

Répartition des réserves en tungstène par pays, en W contenu (USGS, janv.2012)



En France, 12 mines de tungstène ont été exploitées par périodes au cours du XX^e siècle, dont 5 ont produit plus de 1000 t d'oxyde de tungstène : Salau (09), Puy-les-Vignes (87), Echassières (03), Leucamp (15) et Engualès (12). La mine de Salau, ouverte en 1971, a produit 12 415 t d'oxyde de tungstène avant sa fermeture en 1986.

Trois gisements ont encore des ressources reconnues de plus de 10 000 t de WO₃ chacun : Montredon-Labessonnié et Fumade (81), et Coat-an-Noz (22).

> Production

La production mondiale de tungstène, de 72 100 t en 2011, est assurée à 85 % par la Chine (13 mines du groupe étatique CMN). Le reste est produit dans une quinzaine de pays : Russie 4%, Canada 2,7%, Autriche, Portugal, Espagne, Pérou, Vietnam, Bolivie (1 % chacun).

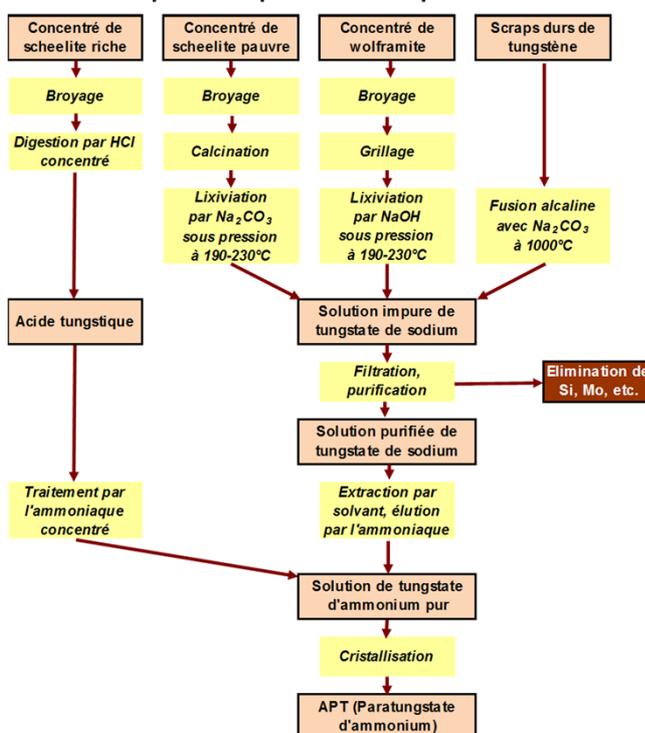
Les gisements, en général de petites tailles (moins de 100 kt de métal contenu), sont exploités principalement pour le tungstène, accessoirement pour l'étain, le bismuth... Le tungstène est aussi en partie un sous-produit de l'exploitation du molybdène.

Les exploitations sont généralement souterraines (Chine) plus rarement à ciel ouvert (Australie, Kirghizstan, Espagne). Elles sont souvent de taille modeste (moins de 2 000 t de minerai par jour), ou même artisanales, avec tri manuel (Bolivie, Chine, Afrique des Grands Lacs).

> Traitement des minerais

Les minerais bruts (wolframite et scheelite) sont traités sur place par divers processus (broyage, classements granulométriques, gravimétriques, flottation, méthodes magnétiques, électrostatiques et/ou photométriques). On obtient des concentrés à 65-75 % de WO₃, pour produire le paratungstate d'ammonium (APT, (NH₄)₁₀H₂W₁₂O₄₂·4H₂O), qui est le principal produit tungstifère commercialisé, ainsi que les oxydes et le tungstène métal.

Schéma simplifié des processus de production de l'APT



Paratungstate d'ammonium
(©www.itia.info)

> Acteurs industriels

Les principaux producteurs miniers de tungstène sont :

- en Chine : China Minmetals (8 mines exploitées), Jiangxi Xianglushan Tungsten (plus grosse mine de scheelite du monde), ainsi que 3 autres sociétés majeures,
- en Russie : JSC Primorsky GOK - A&IR Mining (mine de Primorsky, 1 848 t W en 2010),
- au Canada : North American Tungsten (mine de Cantung, Territoires du Nord-Ouest, avec 1 966 t W en 2011, et projet avancé à Mactung, Yukon) ;
- en Autriche : Wolfram Bergbau und Hütte (WBH), filiale du suédois Sandvik (mine de Mittersill, avec 972 t de W produites en 2010),
- au Portugal : la société japonaise Sojitz (mine de Panasqueira, 975 t W en 2010),
- en Espagne : la société canadienne Almonty Industries (mine de Los Santos, 807 t W en 2011),
- au Pérou, la société canadienne Malaga (mine de Pasto Bueno, 439 t W en 2011).

Ces entreprises commercialisent des concentrés, des produits intermédiaires, oxydes ou APT.

Il existe de nombreux autres producteurs de produits intermédiaires, à partir de concentrés, d'APT, d'oxydes ou de scraps), largement répartis dans le monde (Europe, USA, Japon, etc.).

Plusieurs sociétés françaises transforment des produits tungstifères, importés ou recyclés, et produisent des alliages et des aciers spéciaux :

- *Eurotungstène et Erasteel*, filiales d'Eramet ;
- *Plansee Tungsten Alloys* (l'ancien *Cime-Bocuze*, repris par le groupe autrichien Plansee, produit des alliages tungstène-rhénium) ;
- *Technogenia* (poudre et carbures de tungstène) ;
- *Hexametal* (pièces en carbure cimenté) ;
- *Saint-Gobain* (revêtements en carbures cimentés pour outils de forage, fonderies, cimenteries).
- *GE-France, Philips-Éclairage-France, Osram Sasu, Aric* (ampoules d'éclairage).

> Prix

Des prix sont publiés par les organismes spécialisés (Metal Bulletin, Metal Pages, etc.) pour les concentrés, pour l'APT, les oxydes, le ferrotungstène et le carbure de tungstène. Ils évoluent dans le même sens et ont fortement augmenté depuis 2000-2003.

Le prix de l'APT a atteint 480 US\$/mtu* (soit 60,5 US\$/kg de tungstène contenu) en juin 2011, contre 7,4 US\$/kg W en moyenne en 2002-2003 et 31,4 US\$ pour 2006-2008. Depuis juillet 2011, le prix de l'APT s'est légèrement tassé, à 50,4 US\$/kg mi-juin 2012 (www.metal-page.com).

> Criticité

Le tungstène est un métal incontournable dans de nombreuses applications industrielles en France. Son approvisionnement peut être sensible, en raison de la forte domination du marché par la Chine, qui assure 85 % de la production minière mondiale.

Cette dépendance pourrait être atténuée par le développement des ressources minières potentielles au niveau mondial, et dans une moindre mesure en France métropolitaine.

* mtu, ou "metric ton unit" : quantité qui contient 10 kg de WO₃ (1 % d'une tonne métrique), soit 7,931 kg de W.

