

TUNGSTENE 2010

MATIERES PREMIERES :

La teneur de l'écorce terrestre est de 1 ppm de W.

Minerais : principalement des tungstates de teneur comprise entre 0,3 et 2 % de W.

- Scheelite : CaWO_4 , qui représente 70 % des réserves de tungstène.
- Wolframite : $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$, qui est une solution solide continue entre FeWO_4 , la ferberite et MnWO_4 , l'hübnerite. Représente 30 % des réserves de tungstène.

Le molybdène est souvent associé au tungstène dans les minerais.

Minéralurgie : le minerai est concentré physiquement sur les lieux d'extraction par broyage, séparation gravimétrique et flottation. La teneur du minerai marchand est comprise entre 65 et 75 %.

PRODUCTIONS MINIERES : en 2010, en t de tungstène contenu. Monde : 61 000 t, Union européenne, en 2008 : 2 122 t.

Chine	52 000	Autriche	1 000
Russie	2 500	Portugal	950
Bolivie	1 100	Canada	300

Source : USGS

- En Chine, les gisements sont situés dans les provinces de Jiangxi (47 % de la production, en 2009, les gisements exploités les plus importants étant situés dans le sud de la province, avec une capacité de production annuelle de 15 000 t.), Hunan (23 % de la production, en 2009), Henan, Guangxi, Fujian.
- Xiamen Tungsten Co., Ltd. est le plus important producteur mondial en fournissant 25 % de la consommation mondiale de tungstène et 35 % du volume exporté par la Chine.
- La Chine est le 1^{er} exportateur mondial avec les 2/3 des exportations mondiales (22 000 t, en 2010). L'entreprise Jiangxi Tungsten Industry Group Co., Ltd. représente à elle seule le tiers des exportations mondiale.
- En Autriche, un minerai de scheelite est exploité souterrainement à Mittersill, dans la province de Salzburg par la société Wolfram Bergbau und Hütten.
- Au Portugal, la mine de Panasqueira est exploitée par Sojitz Beralt Tin & Wolfram S.A., filiale du groupe japonais Sojitz Corp. avec une capacité de production de 1 500 t/an. Les réserves sont de 2,43 millions de t de minerai à 0,243 % de WO_3 . Le gisement est exploité depuis plus de 80 ans.
- Le Canada possède la mine la plus importante, en dehors de la Chine, Cantung, dans les Territoires du Nord-Ouest. Exploitée souterrainement par North American Tungsten Corporation, la mine fonctionne de façon intermittente selon le cours du métal. Exploitée de 1962 à 1986, réouverte en 2002-03 puis de 2005 à 2009. A nouveau réouverte en octobre 2010. Les réserves sont de 1,7

million de t d'un minerai de scheelite contenant 1,17 % de WO₃. La production a été de 2 277 t de W en 2008.

Réserves : en 2010, en milliers de t de W contenu. Monde : 2,9 millions de t de W.

Chine	1 900	Etats Unis	140
Russie	250	Canada	120

Source : USGS

Les réserves chinoises sont situées dans les provinces du Hunan, du Jiangxi et du Henan. XiangLuShan Tungsten Co., Ltd. est l'entreprise possédant les plus importantes réserves de tungstène de Chine : 142 000 t.

METALLURGIE :

Ferrotungstène (à 80 % de W) : élaboré par réduction directe de minerai concentré au four électrique. Un four produisant 1,6 t de ferrotungstène consomme entre 7 500 et 8 500 kWh et 120 kg d'électrode de graphite. Aux États-Unis, le ferrotungstène est généralement obtenu par métallurgie des poudres à partir de W et Fe. Dans ce cas, le ferrotungstène contient entre 25 et 75 % de tungstène.

Utilisé pour fabriquer des aciers à outils et des aciers inoxydables réfractaires.

Poudre de tungstène : les 2/3 des produits en tungstène sont élaborés à partir de poudre par frittage (selon les techniques de la métallurgie des poudres), le tungstène étant particulièrement réfractaire (le plus réfractaire des métaux avec une température de fusion de 3 410°C). La fabrication de la poudre a lieu en deux étapes :

- Hydrométallurgie : les concentrés sont attaqués par lixiviation :

- Acide : par HCl concentré à 90°C qui donne H₂WO₄ solide. Ce dernier est dissous dans NH₃, la solution est purifiée (élimination de P, As, Fe) et par évaporation, on obtient le paratungstate d'ammonium (APT) : (NH₄)₁₀(H₂W₁₂O₄₂),4H₂O.

Consommations, par kg de WO₃ :

HCl à 32 %	2,5 kg	NH ₃	0,17 kg	CaCl ₂	0,07 kg
<u>CaO</u>	0,8 kg	<u>NaOH</u>	0,11 kg		

- Alcaline : par NaOH ou par Na₂CO₃ en autoclave (200°C, 2MPa, quelques heures). On obtient Na₂WO₄ en solution. Le procédé LIX permet l'extraction des ions isopolytungstates à l'aide d'amines (tricaprylamine). Le tungstène est extrait ensuite de la phase organique par NH₃, puis cristallisé en APT.

Consommations, par kg de WO₃ :

Na ₂ CO ₃	1,4 kg	NH ₃	0,12 kg	Na ₂ S	0,03 kg
<u>H₂SO₄</u> concentré	1,4 kg	<u>Al₂(SO₄)₃.18H₂O</u>	0,08 kg	Tricaprylamine	0,009 kg

- **Réduction** : calcination de l'APT qui donne de l'oxyde puis réduction par **H₂** à 700-900°C. La poudre obtenue de diamètre compris entre 0,3 et 10 µm a une pureté de 99,9 %.

- Les principaux centres de traitement des minerais chinois sont situés à Ganzhou (Jiangxi), Zhuzhou (Hunan) et dans les provinces de Hanan et Guangxi. En Chine, en 2010, la production d'APT a été de 60 000 t pour une capacité de production de 190 000 t.

Recyclage : concerne principalement le tungstène contenu dans les carbures cémentés. Le procédé au **zinc** consiste à traiter les carbures cémentés WC-**Co** par le zinc liquide à 950°C. La formation d'un alliage Co-Zn fait, par gonflement, éclater la structure frittée. Co et WC sont séparés, Zn distillé sous vide. En 2008, 34 % du tungstène consommé dans le monde provient du recyclage et 37 %, en 2010, aux Etats Unis.

SITUATION FRANCAISE :

Minerai : plus de production, depuis la fermeture, en 1986, de la mine de Salau (09) exploitée par la Société Minière d'Anglade (SMA). C'était la plus importante mine européenne.

Ferrotungstène : plus de production depuis 1986. Les usines de St Béron (Pechiney) et de St-Chély-d'Apcher (Creusot-Loire) ont fermé en 1985, n'étant pas concurrentielles face aux importations de ferrotungstène chinois. La production était de 196 t en 1984.

APT : plus de production depuis 1987.

Poudre de tungstène : production de 200 t, en 2008, par Eurotungstène à Grenoble (filiale d'**Eramet**). 95 % du chiffre d'affaires est réalisé à l'exportation. C'est le seul producteur français, avec 125 personnes. Produit également de la poudre de carbure de tungstène : 339 t, en 2008, et de la poudre de cobalt : 322 t.

UTILISATIONS :

Consommations : en 2008, la consommation mondiale de tungstène s'est élevée à 81 200 t (dont 59 800 t de production primaire). En 2010 :

Chine	31 000	Etats Unis	13 800
Europe	18 300	Japon	7 950

Sources : USGS et antaika.com

Secteurs d'utilisation :

	Europe occidentale 2003	Etats Unis 2008	Japon 2003	Chine 2010	Monde 2005
Carbures cémentés	62 %	56 %	53 %	47 %	58 %
<u>Aciers, Superalliage</u>	24 %	2 % sans superalliages	12 %	31 %	17 %
Demi-produits	6 %	41 % avec superalliages	7 %	15 %	?
Autres (chimie...)	2 %	1 %	28 %	7 %	?

Utilisations diverses :

- Carbure de tungstène (WC), en % des utilisations : **utilisé à 27 % dans l'automobile.**
- Utilisé comme plaquettes d'outils de coupe (55 %), dans les trépan de forage (20 %), les matériaux d'usure (15 %).
- Principe de la fabrication des carbures cémentés : la poudre de tungstène est portée à 1500°C en présence de noir de fumée. WC ainsi obtenu est broyé (1 à 5 µm) en présence de poudre de Co et éventuellement d'ajouts de carbures de titane et de tantale. La poudre d'alliage est pressée puis frittée sous vide à 1400°C. On obtient ainsi un composite, formé d'une phase très dure (WC) noyée dans une phase liante, ductile, le cobalt.
- Exemples de composition : WC : 88 %, Co : 12 % ou WC : 71 %, Co : 9 %, TiC et TaC : 20 %.
- Fabrication d'aciers à l'aide de ferrotungstène contenant de **75 à 80 % de W. En 2008, les Etats-Unis ont utilisé 253 t de ferrotungstène.**
- Aciers d'usinage à froid : 2 à 10 % de W.
- Aciers à coupe rapide : 18 % de W.
- Aciers à aimant : 5 à 8 % de W.
- Demi-produits en tungstène :
 - Filaments de lampes à incandescence : par an, 20 milliards de mètres de filament sont produits.
 - Des alliages avec le rhénium (3 et 25 %) sont utilisés pour élaborer des thermocouples pour hautes températures (jusqu'à 2600°C), avec le fer (1 à 3 % de Fe) afin d'obtenir de fortes masses volumiques (rotors de gyroscope), avec Fe et Ni dans des flèches anti-tanks, avec Cu (1 à 4 %) dans des contacts électriques.
 - Les anticathodes d'appareils de radiographie X sont en tungstène, de même des éléments de chauffage de fours.
- Composés de tungstène :
 - Bronzes de tungstène (Na_xWO_3 avec $x < 1$) utilisés comme pigments de verres, de céramiques ($x = 1$, jaune, $x = 0,6$, rouge, $x = 0,3$, bleu).
 - Sulfure de tungstène (WS_2) : lubrifiant employé comme revêtement de lames de rasoir.