

TUNGSTENE 1991

MATIERES PREMIERES : teneur de l'écorce terrestre : 1 ppm de W.

Minerais : principalement des tungstates de teneur : 0,3 à 2 % de W. En % de la production.

- Wolframite : $(Fe,Mn)WO_4$, monde occidental : 40 %, Chine : 75 %.

- Scheelite : $CaWO_4$, monde occidental 60 %, Chine : 25 %.

Mo est souvent associé à W dans les minerais.

Minéralurgie : le minerai est concentré physiquement sur les lieux d'extraction par broyage, séparation gravimétrique et flottation. Teneur du minerai marchand : 60 et 70 %.

Productions minières : en 1991, en t de métal contenu. Monde : 42 960.

Chine (1994)	15 000	Australie	1 400
ex URSS	8 000	Corée du Sud	1 037

- La Chine est le 1er exportateur mondial, 2/3 des exportations mondiales (et plus en ajoutant les ventes effectuées à partir de Hongkong). Les gisements sont situés dans les provinces de Jiangxi, Hunan, Guangdong, Fujian et Henan. Les gisements exploités les plus importants sont situés dans le sud de la province du Jiangxi : Dajishan (4 000 t/an) et Xihuashan (627 000 t de réserves en WO_3 , teneur du minerai : 0,3 % de WO_3). La production avait atteint 35 000 t en 1989.

Réserves : évaluées à 2,9 millions de t de W.

Chine	46 %	ex URSS	10 %
Canada	17 %	États-Unis	5 %

- Les réserves les plus importantes au monde sont situées dans la province du Hunan (Chine).

METALLURGIE :

Ferrotungstène (à 80 % de W) : élaboré par réduction directe de minerai concentré au four électrique. Un four produisant 6,4 t de ferrotungstène consomme 11 000 kWh/t et 300 kg/t d'électrode de graphite. Aux États-Unis, le ferrotungstène est obtenu par métallurgie des poudres à partir de W et Fe.

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

Poudre de tungstène : les 2/3 des produits en W sont élaborés à partir de poudre par frittage (métallurgie des poudres), W étant particulièrement réfractaire (le plus

réfractaire des métaux, température de fusion : 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
CaO	0,8 kg	NaOH	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). W 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
H ₂ SO ₄ concentré	1,4 kg	Al ₂ (SO ₄) ₃ ,18 H ₂ O	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), Xiamen (Fujian) et Zhuzhou (Hunan).

Recyclage : concerne le W contenu dans les carbures cémentés. Le procédé au zinc consiste à traiter WC-Co par Zn 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. Environ 25 % de la consommation mondiale provient de W recyclé (sous forme de WC). En 1995, aux Etats-Unis, recyclage de 2 100 t soit 13 % de la consommation.

SITUATION FRANÇAISE :

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 ferro-tungstène chinois. La production était de 196 t en 1984.

APT : plus de production depuis 1987.

Poudre de tungstène : production de 540 t en 1993 par Eurotungstène Poudre (Grenoble, 38), détenu à 51 % par Eramet et 49 % par Sandvik.

- Chiffre d'affaires 1996 : 240 millions de F. Seul producteur français, avec 118 personnes.

- Autres productions : poudre de WC: 200 t, poudre de Co: 250 t, poudre de rhénium: 300 kg.

UTILISATIONS :

Consommations : en 1990, en t. Monde : 47 670 t.

ex URSS	13 500	Autriche	2 000	Corée du Nord	1 600
États-Unis	7 300	Corée du Sud	2 000	Japon	1 500
Chine	6 500	Allemagne	1 640		

Secteurs d'utilisation : en 1986, dans le monde occidental et () aux États-Unis.

Carbures cémentés	55 % (62 %)	Métal, alliages de W	15 % (23 %)
Aciers à outils	20 % (5 %)	Super alliages	10 % (10 %)

Utilisations diverses :

- Filaments de lampes à incandescence : voir le chapitre gaz rares - lampes.

- 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 W, de même des éléments de chauffage de fours.

- Ferrotungstène : en sidérurgie. En France, en 1992, utilisation de 257 t de ferrotungstène neuf dans l'élaboration des aciers spéciaux. Le taux de recyclage est de 65 à 80 %.

- 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.

L'acier pour les soupapes contient 1 % de W (en Allemagne, 6 000 t de W/an sont

consommées pour cette fabrication).

- Carbure de tungstène (WC) : en % des utilisations.

- 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 W 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 TiC et TaC. 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 (Co).

- Exemples de composition: WC: 88 %, Co: 12 % ou WC: 71 %, Co: 9 %, TiC et TaC: 20 %

- Composés de tungstène :

- Bronzes de W (Na_xWO_3 avec $x < 1$) : pigments de verres, céramiques ($x = 1$, jaune, $x = 0,6$, rouge, $x = 0,3$, bleu).

- Sulfure de W (WS_2) : lubrifiant (lames de rasoir).