

# TUNGSTENE 2024

## Matières premières

La teneur de l'écorce terrestre est d'environ 1,5 ppm de tungstène (W).

### Minérais

Il s'agit principalement de tungstates avec des teneurs comprises entre 0,3 et 2 % de W.

- La scheelite,  $\text{CaWO}_4$ , représente 70 % des réserves de tungstène.
- La wolframite,  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ , qui est une solution solide continue entre  $\text{FeWO}_4$ , la ferberite, et  $\text{MnWO}_4$ , l'hübnerite, représente 30 % des réserves de tungstène.

Le [molybdène](#) et l'[étain](#) sont souvent associés au tungstène dans les minérais.

### Minéralurgie

Les minéraux de tungstène sont denses et friables, la scheelite étant par ailleurs fluorescente sous rayonnement ultraviolet. Seule la scheelite peut être concentrée par flottation. La wolframite, paramagnétique, peut être concentrée à l'aide de méthodes magnétiques. Le minerai est concentré physiquement sur les lieux d'extraction.

Le broyage doit être réalisé avec précaution afin d'éviter la formation d'une trop grande quantité de particules fines dues à la fragilité du minerai. Une première concentration utilise des méthodes gravimétriques (milieu dense, spirales, tables à secousses...) suivie, en fonction de la nature du minerai d'une flottation ou d'une séparation magnétique.

La teneur du minerai marchand est comprise entre 62 et 72 % de  $\text{WO}_3$ .

Les productions de concentrés de tungstène sont généralement exprimées en MTU (Metric Ton Unit) avec 1 MTU = 10 kg de  $\text{WO}_3$ .

## Productions minières

La production minière mondiale en 2024 s'élevait à 81 000 t de tungstène contenu, dont, en 2020, 2 370 t produites dans l'Union européenne.

### Production minière de tungstène

*En 2024, en tonnes de W contenu sur un total mondial de 81 000 t. Source : USGS*

en t de tungstène contenu			
Chine	67 000	Bolivie	1 600
Vietnam	3 400	Rwanda	1 200
Russie	2 000	Australie	1 000
Corée du Nord	1 700	Autriche	800

*Source : USGS*

- En **Chine**, les gisements sont situés dans les provinces de Jiangxi, Hunan, Yunnan, Henan. En 2017, les quotas de production sont de 91 300 t de

concentrés à 65 % de  $\text{WO}_3$  en provenance à 42 % du Jiangxi, 26 % du Hunan, 7 % du Yunnan, 6,5 % du Henan.

95 % de la production chinoise est contrôlée par le groupe d'état [MinMetals](#) avec ses différentes filiales Jiangxi Tungsten Industry Group Co., Ltd. et Jiangxi Xianglushan Tungsten Co. qui exploite la mine de Xianglushan qui est la plus grande mine, au monde, de scheelite en activité.

- Au **Vietnam**, le groupe [Masan High-Tech Materials](#) exploite depuis 2013 la mine à ciel ouvert de Nui Phao située à 80 km au nord de Hanoï. Les réserves prouvées et probables sont de 66 millions de t renfermant 0,18 % de  $\text{WO}_3$ , 0,17 % de [cuivre](#), 0,08 % de [bismuth](#) et 7,65 % de [spath fluor](#). En 2024, la production a été de 144 019 t de  $\text{CaF}_2$  de qualité acide, 14 697 t de paratungstate d'ammonium, 2 780 t de cuivre contenu dans des concentrés, 492 t de bismuth contenu dans des concentrés et 195 t de cobalt contenu dans des concentrés.. En 2016, les revenus proviennent à 59,1 % de la commercialisation de composés du tungstène, 20,6 % du spath fluor, 15,2 % de concentrés de cuivre, 5 % d'autres revenus, en particulier du bismuth. La transformation des concentrés en divers composés du tungstène était réalisée par une joint-venture détenue à 51 % par Masan Resources et 49 % par le groupe allemand [HC. Starck](#). En août 2018, Masan Resources a acquis la participation de HC. Starck.
- En **Russie**, la société [Wolfram](#) exploite dans la République de Kabardino-Balkarie, dans le sud-ouest du pays, la mine de scheelite de Tyrnyauz qui possède la moitié des réserves russes avec 25,6 millions de t renfermant 0,43 % de  $\text{WO}_3$ . Les concentrés sont traités par hydrométallurgie à Nalchik, dans la République de Kabardino-Balkarie, avec une capacité de production de 6 000 t/an de  $\text{WO}_3$ . Par ailleurs, Wolfram exploite dans l'extrême-orient, dans la région de Khabarovsk, les mines de wolframite de Primorsky et Lermontovsky avec une teneur de 0,83 % de  $\text{WO}_3$  en présence d'étain, de molybdène et d'or. La transformation des concentrés en métal est réalisée dans l'ouest du pays, à Unecha, dans la région de Bryansk, avec une capacité de production de 2 000 t/an de ferrotungstène, 1 000 t/an de poudre de tungstène, 800 t/an de carbure WC et 130 t/an de tungstène en barres. La mine de Novo-Orlovsky, en Transbaïkalie a produit, en 2016, 1 700 t de concentrés.
- En **Autriche**, un mineraï de scheelite est exploité souterrainement et concentré par flottation, à Mittersill, dans la province de Salzburg, par la société [Wolfram Bergbau und Hütten](#), contrôlée depuis 2009 par le groupe suédois [Sandvik](#). Les concentrés sont traités et le métal recyclé à St Martin im Sulmtal, en Styrie.
- Au **Portugal**, la mine souterraine de Panasqueira est exploitée par la société Beralt Tin and Wolfram, filiale de la société canadienne [Almonty Industries](#) qui l'a acheté en janvier 2016 au groupe japonais [Sojitz Corp.](#) La capacité de production est de 1 500 t/an. Le gisement s'étend sur une longueur de 2 500 m, une largeur de 400 à 2 200 m et une épaisseur de 500 m. Le mineraï de ferbérite, présent dans des veines de quartz, renferme de la cassiterite, de la chalcopyrite et de l'argent. En 2015, le traitement de 517 505 t de mineraï a donné 597 t de  $\text{WO}_3$ . Le mineraï extrait a une teneur de 0,088 % de  $\text{WO}_3$  avec un taux de récupération de 80,2 %. Les réserves prouvées et probables sont de 1,951 million de t de mineraï à 0,20 % de  $\text{WO}_3$ . Le gisement est exploité depuis 1896. Entre 1947 et 2014, 31 millions de t de mineraï ont donné 111 123 t de concentré de tungstène, 5 383 t de concentré d'étain à 72 % de Sn et 31 702 t de concentré de cuivre à 28 % de Cu. En 2024, la production a été de 588 t de  $\text{WO}_3$ .
- En **Espagne**, la mine de scheelite, à ciel ouvert, de Los Santos, dans la province de Salamanque, est exploitée par [Almonty Industries](#), avec, en 2016, l'extraction de 519 803 t de mineraï renfermant 0,35 % de  $\text{WO}_3$ , avec un taux de récupération de 60,2 % et une production de 931 t de  $\text{WO}_3$ . Les réserves prouvées et probables sont de 3,582 millions de t

de minerai renfermant 0,23 % de WO<sub>3</sub>. En 2020, la production a cessé et la société envisage de retraiter les rejets des exploitations antérieures.

Fin 2018, a débuté la production de la mine de tungstène-étain, à ciel ouvert, de La Parrilla, en Extremadure, exploitée par la société britannique [W Resources](#). Les réserves prouvées et probables sont de 29,7 millions de t de minerai renfermant 931 ppm de WO<sub>3</sub> et 116 ppm de Sn. La production prévue est de 2 700 t/an de concentré renfermant de 66 à 68 % de WO<sub>3</sub> et de 500 t/an de concentré d'étain à 52-55 % de Sn. En 2021, la production est de 278,82 t de WO<sub>3</sub> renfermées dans des concentrés et 48,7 t de Sn dans des concentrés.

En 2019, a commencé l'exploitation, à ciel ouvert, de la mine de Barruecopardo, dans la province de Salamanque. Détenue à 30 % par la société irlandaise [Ormonde Mining](#) et à 70 % par le fonds d'investissement [Oaktree Capital](#). Les réserves prouvées et probables sont de 8,69 millions de t de minerai renfermant 0,30 % de WO<sub>3</sub>. La production prévue est de 2 060 t/an de W. En 2020, Ormonde a vendu sa participation à Oaktree.

- En **Corée du Sud**, la société [Almonty](#) développe le projet d'exploitation de la mine souterraine de Sangdong qui possède des réserves de 7,896 millions de t de minerai renfermant 0,45 % de WO<sub>3</sub>. La production prévue à compter de mi-2022 est de 6 400 t/an.

## Commerce international de minerais et concentrés

### Principaux pays exportateurs

Les principaux pays exportateurs, en 2024, sur un total de 26 042 t, sont les suivants :

en tonnes de produit			
Corée du Nord	3 628	Singapour	1 632
États-Unis	2 737	Russie	1 589
Espagne	2 654	Rwanda	1 295
Australie	2 617	Mongolie	1 264
Bolivie	2 138	Portugal	885

*Source : ITC*

Les exportations coréennes sont destinées totalement à la Chine.

### Principaux pays importateurs

Les principaux pays importateurs, en 2024, sur un total de 24 757 t, sont les suivants :

en tonnes de produit			
Chine	12 420	Pays Bas	132
Vietnam	8 445	Arabie Saoudite	112
États-Unis	2 566	Taipei chinois	88
Malaisie	501	Inde	46
Belgique	250	Émirats Arabes Unis	45

*Source : ITC*

Les importations chinoises proviennent à 29 % de Corée du Nord, 19 % de Birmanie, 10 % de Russie, 9 % du Rwanda.

## Réserves

Elles s'élevaient dans le monde, en 2024, à plus de 4,6 millions de t de W contenu.

## Réserves de tungstène

En 2024, en tonnes de W contenu sur un total mondial de plus de 4,6 millions de t. Source : USGS

en milliers de t de W contenu			
Chine	2 400	Espagne	66
Russie	400	Corée du Nord	29
Canada, en 2022	240	Autriche	10
Vietnam	140	Portugal	3,4

Source : USGS

Les réserves chinoises sont situées principalement dans les provinces du Jiangxi, du Hunan et du Henan, celles du Jiangxi et du Hunan représentant une part de 66 % du total.

## Initiatives visant à contrôler la production et l'origine des matières premières

Le tungstène, comme l'étain, le tantale et l'or est parfois exploité dans des zones de conflits et en particulier en République Démocratique du Congo par des groupes armés. Cette source de revenu a conduit, les Nations Unies, l'OCDE, le gouvernement des États-Unis et l'Union européenne à diverses initiatives destinées à tarir cette source de financement. Les Nations Unies incitent à la publication de statistiques de production et d'exportation, l'OCDE a publié un « Guide de diligence pour des chaînes d'approvisionnement responsables en minerais provenant de zones de conflit ou à haut risque », aux États-Unis, le « Dodd-Frank Wall Street reform and consumer protection act » vise à contrôler l'origine des matières premières. La réglementation européenne est parue au Journal Officiel de l'UE le 17 mai 2017, pour prendre effet le 1<sup>er</sup> janvier 2021 et ne concerne que les entreprises importantes qui importent un tonnage minimum.

## Métallurgie

### Ferrotungstène

Il renferme, en général, 80 % de W. Il est élaboré par réduction directe de concentrés de mineraux 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.

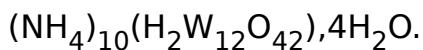
Il est utilisé pour fabriquer des aciers à outils et des acières inoxydables réfractaires.

### 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 :

**Hydrométaux** : les concentrés sont attaqués par lixiviation acide ou alcaline :

- Acide : par HCl concentré à 90°C qui donne  $H_2WO_4$  solide. Ce dernier est dissous dans NH<sub>3</sub>, la solution est purifiée (élimination de P, As, Fe) et par évaporation, on obtient le paratungstate d'ammonium (APT) :



Consommations, par kg de  $\text{WO}_3$  :

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

- Alcaline : par NaOH ou par Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en autoclave (200°C, 2 MPa, quelques heures). On obtient  $\text{Na}_2\text{WO}_4$  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 NH<sub>3</sub>, puis cristallisés en APT.

Consommations, par kg de  $\text{WO}_3$  :

Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	<u>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></u> concentré	NH <sub>3</sub>	<u>Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.18H<sub>2</sub>O</u>	Na <sub>2</sub> S	Tricaprylamine
1,4 kg	1,4 kg	0,12 kg	0,08 kg	0,03 kg	0,009 kg

**Réduction** : calcination de l'APT qui donne de l'oxyde puis réduction par H<sub>2</sub> 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 minéraux 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 2016, 35 % du tungstène consommé dans le monde provient du recyclage avec 37 500 t pour une production primaire de 71 000 t. Les chutes de fabrication représentent 8 500 t, les vieux déchets, 29 000 t.

## Situation française

En 2024.

### Minerai

Actuellement il n'y a plus d'extraction minière mais au cours du XX<sup>e</sup> siècle, 13 gisements ont été exploités avec une production totale de 25 771 t de  $\text{WO}_3$ .

Les plus importants étaient ceux de Salau (09), avec 12 415 t, Puy les Vignes (87), avec 3 970 t, Echassières (03), avec 3 900 t, Leucamp (15), avec 1 700 t, Enguialès (12), avec 1 300 t. La mine de Salau (09), en activité entre 1971 et 1986, était exploitée par la Société Minière d'Anglade (SMA).

Les ressources estimées ne sont pas négligeables avec un total de 83 122 t de  $\text{WO}_3$ . Les principales sont situées à Fumade (81), avec 14 300 t, Coat-an-Noz (22), avec 11 000 t, Montredon-Luitré (35), avec 1 500 t.

En octobre 2016, a été accordé à la société Variscan un permis de recherche, contesté, de 42 km<sup>2</sup> dans l’Ariège dans la zone d’exploitation de la mine de Salau. Le projet, dont le permis a été invalidé, était piloté par la filiale d’Apollo Minerals, Mines du Salat, sur la commune de Couflens. En 2024, un nouveau permis de recherches a été déposé par la société Neometal. Ces recherches se développent également de l’autre côté de la frontière espagnole avec le projet Aurenere, sur 55 km<sup>2</sup>, adjacent au projet Couflens.

### Ferrotungstène

Il n’y a 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.

- Les **exportations** de ferrotungstène et ferrosilicotungstène s’élevaient à 20,7 t destinées pour :
  - 26 % à l’Espagne,
  - 21 % à l’Allemagne,
  - 21 % à la Slovénie,
  - 10 % la Suède,
  - 9 % à l’Italie.
- Les **importations** de ferrotungstène et ferrosilicotungstène s’élevaient à 59 t en provenance à :
  - 39 % du Vietnam,
  - 24 % de Chine,
  - 22 % d’Espagne,
  - 5 % d’Estonie,
  - 5 % d’Irlande.

### APT

Il n’y a plus de production depuis 1987.

- **Exportations** de tungstates : 473 kg à destination à 78 % de la Pologne, 9 % l’Espagne, 3 % du Portugal, 3 % de l’Allemagne.
- **Importations** de tungstates : 435 t en provenance du Vietnam à 83 %, d’Allemagne à 16 %.

### Poudre et carbure de tungstène

La production est de 200 t/an, par Eurotungstène à Grenoble (filiale d’Eramet vendue, en avril 2017, au groupe belge Umicore). 90 % du chiffre d’affaires est réalisé à l’exportation. C’est le seul producteur français. Il produit également de la poudre de carbure de tungstène et de la poudre de cobalt.

#### Poudre de tungstène

- Les **exportations** s’élevaient à 97 t destinées pour :
  - 35 % à l’Allemagne,
  - 21 % à la Suisse,
  - 16 % à l’Italie,
  - 6 % au Royaume Uni.
- Les **importations** s’élevaient à 425 t en provenance à :

- 36 % d'Autriche,
- 32 % de République tchèque,
- 24 % de Chine,
- 4 % d'Allemagne.

#### Carbure de tungstène

- Les **exportations** de carbure de tungstène étaient de 220 t destinées pour :
  - 59 % à l'Allemagne,
  - 19 % à l'Italie,
  - 4 % au Brésil,
  - 4 % à la Belgique.
- Les **importations** de carbure de tungstène étaient de 939 t en provenance à :
  - 57 % d'Autriche,
  - 15 % du Luxembourg,
  - 11 % d'Allemagne,
  - 7 % de Chine,
  - 5 % de République tchèque.

## Utilisations

### Consommations

En 2020, la consommation mondiale de tungstène primaire s'est élevée à 91 500 t dont 9 900 t aux États-Unis.

### Secteurs d'utilisation

Les principaux secteurs utilisateurs sont les suivants :

	Monde, en 2016	Chine, en 2015	Europe, en 2015
Carbures cémentés	65 %	48 %	65 %
<u>Aciers, Superalliage</u>	17 %	25 %	12 %
Demi-produits	10 %	20 %	10 %
Autres (chimie...)	8 %	7 %	13 %

*Sources : ITIA et Argus*

### Utilisations diverses

Le tungstène est utilisé sous différentes formes :

- Carbure de tungstène (WC), utilisé à 55 % comme plaquettes d'outils de coupe, à 20 % dans les trépans de forage, à 15 % les matériaux d'usure. Principe de la fabrication des carbures cémentés : la poudre de tungstène est portée à 1 500°C en présence de noir de fumée. WC ainsi obtenu est broyé (1 à 5 µm) en présence de poudre de cobalt 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 %.
- WC : 71 %, Co : 9 %, TiC et TaC : 20 %.
- Fabrication d'acières à l'aide de ferrotungstène contenant de 75 à 80 % de W.
  - Aciers d'usinage à froid qui contiennent de 2 à 10 % de W.
  - Aciers à coupe rapide qui renferment jusqu'à 18 % de W.
  - Aciers à aimant qui contiennent de 5 à 8 % de W.
- Demi-produits en tungstène :
  - Filaments de lampes à incandescence et halogènes et électrodes de lampes fluorescentes.
  - Des alliages avec le rhénium (3 et 25 %) sont utilisés pour élaborer des thermocouples pour hautes températures (jusqu'à 2 600°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.
  - Superalliages : ils renferment de 5 à 7 % de tungstène.
  - Les anticathodes d'appareils de radiographie X sont en tungstène, de même des éléments de chauffage de fours.
  - Le tungstène remplace de plus en plus le plomb utilisé comme munition de chasse et « plomb » de pêche.
- Composés de tungstène :
  - Bronzes de tungstène ( $\text{Na}_x\text{WO}_3$  avec  $x < 1$ ) utilisés comme pigments de verres, de céramiques ( $x = 1$ , jaune,  $x = 0,6$ , rouge,  $x = 0,3$ , bleu).
  - Sulfure de tungstène ( $\text{WS}_2$ ) : lubrifiant employé, par exemple, comme revêtement de lames de rasoir.
  - Le métatungstate d'ammonium est utilisé comme précurseur d'oxyde de tungstène utilisé comme catalyseur dans les opérations d'hydrocraquage, hydrodésulfuration, hydrodénitrogénéation, hydrodéaromatisation, dans l'industrie pétrolière ainsi que dans le vaporéformage du gaz naturel.