

MOLYBDENE 2012

MATIÈRES PREMIÈRES :

La teneur en molybdène (Mo) de l'écorce terrestre est de 1,2 ppm.

Le molybdène, dans ses gisements, se présente généralement sous forme de sulfure (molybdénite - MoS₂), souvent associé au cuivre et parfois au tungstène. Il est présent dans des veines de quartz. Du rhénium, accompagne le molybdène dans ses minerais. Il est, en général, récupéré car c'est la principale source de ce métal.

PRODUCTIONS MINIERES : en 2012, en t.

Le sulfure de molybdène est extrait soit de mines de molybdène, particulièrement aux Etats-Unis, au Canada et en Chine pour environ 52 % de la production mondiale, soit est coproduit dans des mines de cuivre, par exemple, aux Etats-Unis, au Chili, au Pérou..., pour 48 % de la production mondiale. La teneur des mines de molybdène est comprise entre 0,1 et 0,3 % de Mo, celle des mines de cuivre coproduisant du molybdène comprise entre 0,02 et 0,2 % de Mo.

Les exploitations minières sont le plus souvent à ciel ouvert. Les minerais extraits sont broyés puis concentrés par flottation différentielle dans des installations proches de la mine qui donnent des concentrés de molybdénite contenant de 85 à 92 % de MoS₂. Lorsque la molybdénite est coproduite de mines de cuivre, le concentré peut contenir du rhénium à des teneurs inférieures à 0,1 % de Re.

Productions minières, en 2012 : monde : 250 000 t.

Chine	105 000 t	Canada	9 400 t
États-Unis	57 000 t	Arménie	4 600 t
Chili	35 300 t	Iran	4 000 t
Pérou	19 500 t	Russie	3 800 t
Mexique	10 900 t	Mongolie	1 950 t

Source : USGS

Parmi les principaux producteurs on trouve les principaux producteurs de cuivre qui coproduisent du molybdène. Le cas de la Chine est particulier car, c'est le seul pays à exploiter souterrainement des shales noirs de molybdène et nickel contenant en moyenne 5,5 % de Mo et 3,5 % de Ni. En Chine, les mines de molybdène sont situées dans les provinces du Henan, du Shaanxi, de Mongolie Intérieure, du Hebei...

Réserves minières : en 2012, en milliers de t. Monde : 11 millions de t.

Chine	4 300	Russie	250
États-Unis	2 700	Canada	220
Chili	1 300	Mongolie	160
Pérou	450	Arménie	150

Source : USGS

Principaux producteurs miniers :

Freeport McMoRan Copper & Gold (FCX), a produit, en 2012, 38 600 t de molybdène avec 2 mines de molybdène aux Etats-Unis, dans le Colorado : Henderson et Climax ainsi que 5 mines de cuivre, à ciel ouvert, donnant une coproduction de molybdène, aux Etats-Unis : Sierrita, Bagdad, Morenci, à 85 % et Chino, ainsi qu'une mine au Pérou : Cerro Verde, à 53,56 %. La mine Climax a commencé à produire en mai 2012, avec une production en 2012, de 3 200 t et 9 070 t prévues, en 2013. Le minerai de la mine d'Henderson à une teneur de 0,23 % de Mo, la production de 2012 ayant été de 15 400 t de Mo.

Les mines de cuivre nord américaines coproduisant du molybdène ont une teneur de 0,03 % de Mo et leur production a été, en 2012, de 16 300 t de Mo. La production de la mine de Cerro Verde a été de 3 600 t, avec un minerai à 0,02 %.

Les réserves prouvées et probables sont de 1,55 million de t de molybdène.

Codelco, au Chili, a produit dans ses mines de cuivre, en 2012, 19 676 t de molybdène, dont 6 318 t à Chuquicamata, 6 094 t à El Teniente, 4 652 t à Andina, 1 459 t à Radomiro Tomic et 1 154 t à Salvador.

Grupo Mexico, a produit dans ses mines de cuivre, en 2012, 18 220 t de molybdène, dont 10 968 t à La Caridad, dans l'état de Sonora, au Mexique, et au Pérou, à Toquepala, 4 500 t et Cuajone, 2 900 t.

China Molybdenum ou Luoyang Luanchuan Molybdenum Group Co., en Chine, a produit, en 2012, 15 268 t de Mo, dans la mine de molybdène et tungstène de Sandaozhuang, dans le Henan.

Jinduicheng Molybdenum, en Chine, exploite la mine de molybdène à ciel ouvert de Jinduicheng, dans le Shaanxi, avec une production, en 2011, de 13 300 t.

Thomson Creek Metals Company, exploite 2 mines, à ciel ouvert, de molybdène, aux Etats-Unis : Thomson Creek, dans l'Idaho, et au Canada, en Colombie Britannique : Endako, à 75 %. En 2012, les productions ont été de 7 400 t pour la mine de Thomson Creek et 2 800 t pour celle d'Endako. Les réserves sont de 142,9 millions de t de minerai à 0,077 % de Mo pour la mine de Thomson Creek et de 331,1 millions de t de minerai à 0,046 % de Mo pour la mine d'Endako.

Rio Tinto, à travers sa filiale Kennecott Utah Copper, exploite la mine à ciel ouvert de cuivre de Bingham Canyon, dans l'Utah, près de Salt Lake City, aux Etats-Unis, avec une production, en 2012, de 9 400 t de Mo. Les réserves sont de 704 millions de t de minerai contenant 0,046 % de Mo.

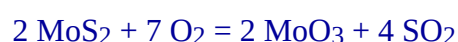
Commerce international :

En 2011, les exportations des Etats-Unis ont porté sur 34 000 t, les importations sur 21 000 t.

METALLURGIE :

Les concentrés miniers de molybdénite (MoS₂) peuvent être purifiés pour donner du sulfure de molybdène utilisé comme additif lubrifiant dans des huiles et graisses.

La plus grande partie des concentrés miniers subit d'abord un grillage, à l'air, entre 500 et 650°C selon la réaction :



On obtient de l'oxyde de molybdène (MoO₃) de qualité technique contenant au moins 57 % de Mo avec moins de 0,1 % de soufre, le dioxyde de soufre est récupéré pour produire de l'acide sulfurique. Dans les fumées issues du grillage, le rhénium, sous forme d'oxyde (Re₂O₇) est récupéré. L'oxyde technique peut être employé directement dans la fabrication de fonte.

L'oxyde technique est ensuite soit sublimé vers 1 100°C pour donner de l'oxyde purifié, soit dissous dans l'ammoniac ou l'hydroxyde de sodium pour donner du molybdate d'ammonium ou de sodium selon, avec l'ammoniac, la réaction suivante :



Les ions cuivriques, principales impuretés, sont précipités à l'aide de sulfure d'hydrogène et filtrés ou extraits par solvant spécifique avant cristallisation du molybdate. Du trioxyde purifié peut aussi être obtenu par calcination du molybdate d'ammonium.

Le ferromolybdène, généralement à 60 % de Mo, est obtenu par aluminothermie de l'oxyde, en présence d'oxyde de fer. De 30 à 40 % de la production d'oxyde technique est destinée à celle de ferromolybdène.

Le molybdène métal est obtenu par réduction du trioxyde par le dihydrogène, en 2 étapes. La première étape réalisée entre 450 et 650°C, donne du dioxyde qui, dans une seconde étape, est réduit, entre 1 000 et 1 100°C, en métal. On obtient une poudre qui est ensuite frittée, à 2 100 °C, sous dihydrogène, pour obtenir le métal massif.

Principaux producteurs de produits de molybdène :

Molybmet, société chilienne, est le principal producteur mondial de produits issus de la métallurgie du molybdène, avec des usines, au Chili, à Santiago et Mejillones, au Mexique, à Cumpas, dans l'état de Sonora, en Belgique, à Gand, en Allemagne, à Bitterfeld et en Chine, en joint venture, à Luoyang.

Climax Molybdenum, filiale de Freeport McMoRan Copper & Gold, produit de l'oxyde technique, par grillage, à Sierrita, dans l'Arizona, Fort Madison, dans l'Iowa et à Rotterdam, aux Pays Bas, du ferromolybdène à Stowmarket, au Royaume Uni, et des composés chimiques de molybdène, à Fort Madison et Rotterdam.

Thomson Creek Metals Company, transforme ses concentrés miniers dans ses installations métallurgiques de Langeloth, en Pennsylvanie, pour produire, de l'oxyde technique et de l'oxyde purifié par sublimation, ainsi que du ferromolybdène.

RECYCLAGE :

Il a porté, en 2011, sur 79 600 t, soit environ 25 % de la consommation.

SITUATION FRANÇAISE : en 2012

Pas de production primaire. Il y a eu une faible production, entre 1942 et 1944, à Château-Lambert (70), de 6 000 t de minerai, titrant 0,37 % de Mo.

Des gisements existent, non économiquement exploitables, dans le massif armoricain, à Beauvin

(61) avec 42 000 t de ressources à 0,02 % et à La Rousselière (44), dans le massif central, à Neuf-Jours (19) et en Alsace, à Breitenbach (67).

Importations :

- Oxydes techniques : 1 574 t du Chili à 36 %, des Pays Bas à 21 %, de Belgique à 19 %, des Etats-Unis à 6 %.
- Oxydes purifiés : 1 365 t des Pays Bas à 87 %.
- Ferromolybdène : 4 441 t de Belgique à 30 %, du Royaume Uni à 21 %, de Russie à 14 %.
- Poudre de métal : 112 t des Etats-Unis à 38 %, d'Allemagne à 37 %, du Royaume Uni à 24 %.
- Métal massif : 116 t d'Allemagne à 66 %, de Chine à 11 %, des Etats-Unis à 7 %.
- Déchets et débris : 702 t d'Allemagne à 79 %, de Chine à 12 %.

Exportations :

- Ferromolybdène : 972 t vers l'Allemagne pour 40 %, la Belgique pour 34 %.
- Métal massif : 21 t vers les Etats-Unis pour 33 %, l'Espagne pour 24 %.
- Déchets et débris : 271 t vers l'Allemagne pour 41 %, les Pays Bas pour 36 %, la Belgique pour 16 %.

UTILISATIONS :

Consommations, en 2012. Monde : 241 000 t, Union européenne : 58 000 t.

Chine	77 000 t	Japon	29 000 t
États-Unis	39 000 t		

Source : Roskill

Secteurs d'utilisation : dans le monde, en 2012.

Aciers de construction	40 %	Métal	7 %
Aciers inoxydables	23 %	Fonte	6 %
Chimie	11 %	Superalliages et alliages de titane	4 %
Aciers trempés et rapides	9 %		

Source : Roskill

La principale utilisation du molybdène, à plus de 80 %, est pour renforcer la résistance mécanique des aciers, à haute température, en formant des carbures durs et stables, et leur résistance à la corrosion. Il entre à des teneurs comprises entre 0,1 et quelques % dans la plupart des aciers alliés, à 10 % dans les aciers rapides, à 2 à 7 % dans les aciers inoxydables standards et jusqu'à 16 % pour des aciers inoxydables spéciaux.

Dans les aciers inoxydables, le molybdène renforce la protection contre la corrosion apportée par le chrome. Il entre dans la composition des aciers inoxydables utilisés en milieu marin, pour la vinification et le stockage de vins blancs, le milieu étant rendu corrosif par la présence de dioxyde de soufre. Dans ce dernier cas la nuance utilisée est : AISI 316L (CrNiMo 17-12).

Le molybdène métallique possède d'excellentes propriétés à haute température, mais la formation d'oxyde volatil dès 600°C, limite son utilisation à des milieux réducteurs, sous vide ou à l'abri de l'air.

Il est employé, par exemple, comme électrodes de maintien en température de fours verriers. Pour améliorer sa résistance à l'oxydation à chaud, il peut être revêtu de disiliciure de molybdène (MoSi_2). Par ailleurs, sa grande conductibilité thermique et électrique le fait utiliser dans des composants électroniques, en microélectronique, dans des cellules photovoltaïques, comme électrode arrière, sous forme de couche mince de 500 à 1000 nm d'épaisseur...

En chimie, les composés du molybdène sont utilisés comme catalyseurs, en association avec le nickel et le cobalt, dans l'hydrodésulfuration des pétroles, sous forme de molybdate de fer dans l'oxydation sélective du méthanol en formaldéhyde, sous forme de molybdate de bismuth dans l'oxydation du propène en acroléine et acrylonitrile.

Le molybdate de sodium est utilisé comme inhibiteur de corrosion de l'acier, de l'aluminium, du cuivre. Comme pigment, sous forme de molybdates de zinc, de calcium, de strontium, il remplace des chromates, toxiques, dans des peintures, matières plastiques, caoutchoucs, céramiques. Sous forme de disulfure il est utilisé comme additif lubrifiant d'huiles et graisses. Sous forme de complexes (dithiophosphates et dithiocarbamates) solubles dans les huiles, qui se décomposent en disulfure sur des surface métalliques chaudes, il donne des films protecteurs lubrifiants. Sous forme de trioxyde ou de molybdate d'ammonium, il est employé pour empêcher la formation de fumées lors d'incendie de polymères, en donnant, à chaud, du dioxyde de molybdène, non volatil.

Utilisations diverses :

Le molybdène est utilisé, comme anode tournante pour appareils de radiographie et tomographie aux rayons X, comme résistance de chauffage de fours électriques à haute température, sous forme de disiliciure de molybdène.