

# Le molybdène

[www.mineralinfo.org](http://www.mineralinfo.org)



© www.deltametal.fr

Septembre 2011

Métal utilisé pour la confection des aciers spéciaux, il est produit de façon significative dans une dizaine de pays, généralement comme un sous-produit des mines de cuivre.

## > Propriétés

Le molybdène (Mo) est le 42<sup>e</sup> élément du tableau de Mendeleïev.

C'est un métal assez dense (10,22 g/cm<sup>3</sup>), réfractaire à haute température, incompressible, à faible coefficient de dilatation thermique, et qui présente des coefficients élevés de conductivité électrique et de transmission thermique.

Résistant à la corrosion et stable chimiquement, il peut s'allier facilement avec d'autres métaux dont il améliore la dureté et la résistance à la chaleur.

## > Usages

Le molybdène sert à 80% dans la préparation de ferromolybdène et d'aciers alliés. Il renforce en effet les qualités mécaniques de ces alliages à haute température (2000°C), ainsi que leur résistance à la corrosion.

Il entre ainsi à hauteur de 10% dans les aciers rapides, de 2 à 7% dans les aciers inoxydables, et jusqu'à 9% dans des superalliages pour l'aéronautique et les turbines.



Turbine en acier inox au molybdène pour centrale thermique (© www.imoa.info)

N° atomique <b>42</b>	Masse atomique <b>95.94</b>
<b>Mo</b>	
<b>Molybdène</b>	
Pt de fusion 2 625°C	Pt d'ébullition 4 639°C
Densité 10.22	Clarke 1.2 ppm



© neyco.fr

Les aciers au molybdène sont mis en œuvre dans la construction moderne (structures métalliques porteuses ou architecturales), dans la construction de pièces usinées en mécanique, dans l'aéronautique, dans les centrales thermiques...

## > Usages (suite)

Le molybdène peut être utilisé sous forme métallique ou d'alliages à Mo dominant (10% de la consommation), dans les domaines suivants :

- électronique (redresseurs, diodes, transistors, microprocesseurs),
- écrans LCD,
- contacteurs, relais téléphoniques,
- panneaux solaires (substratum de couches minces CIGS, à Cu-In-Ga-Se),
- réfractaires et verrerie (éléments de chauffe, électrodes...),
- filaments d'ampoules à incandescence...



Architecture en acier inox au molybdène Millennium Park, Chicago (© www.imoa.info)

Le molybdène est utilisé aussi sous forme de composés chimiques (14% de la consommation) :

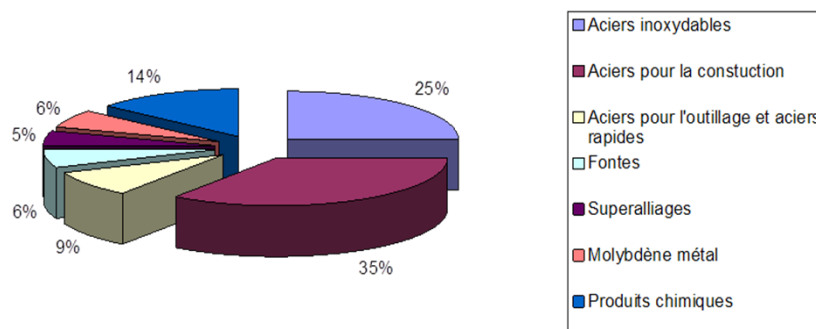
- dans les catalyseurs pour le raffinage des hydrocarbures avec Ni et Co,
- dans les peintures (comme pigments et anti-corrosifs),
- dans les lubrifiants ( $\text{MoS}_2$ ),
- dans les engrais et comme oligo-éléments dans certains nutriments.

**Substitution** : il n'y a pas réellement de produits de substitution au molybdène. On peut cependant envisager la recherche de produits alternatifs, ou nécessitant moins de ce métal dans leur procédé d'élaboration.

## > Consommation mondiale

La consommation mondiale de molybdène, qui a dépassé 200 000 t en 2007, est en légère baisse depuis cette date, où la production est devenue excédentaire (voir tableau en page 4).

Elle se répartit, pour 75% dans la fabrication d'aciers spéciaux et de fontes, pour un peu plus de 10% dans celle de superalliages et de Mo métal, le reste étant destiné aux produits chimiques (source IMO, 2009).



Les secteurs industriels utilisant ces produits sont très variés : chimie, hydrocarbures, automobile, mécanique, production d'énergie, construction, aérospatial et défense... La consommation mondiale est donc répartie dans l'ensemble des pays industrialisés qui sont acteurs dans ces domaines variés.

**Recyclage** : peu de données sont directement disponibles sur cette filière. Cependant, le recyclage généralisé de l'acier amène à penser qu'une part notable de molybdène est recyclée conjointement, ce qui représenterait un taux de Mo recyclé de 40% environ.

**Risques sanitaires et réglementation** : le molybdène, lorsque ce métal est mis en œuvre en alliages, ainsi que ses dérivés, peuvent présenter un risque de toxicité, notamment pulmonaire, par exposition chronique ou aiguë.

Les valeurs limites d'exposition (ACGIH 2008) sont de 0,5 mg/m<sup>3</sup> respirable pour les composés solubles, de 10 mg/m<sup>3</sup> inhalable et de 3 mg/m<sup>3</sup> respirable pour Mo métal et ses dérivés insolubles (www.inrs.fr).

### > Ressources et production

Le molybdène est peu abondant dans l'écorce terrestre (1,2 ppm). Les gisements économiques les plus répandus sont de types "porphyriques", le molybdène étant parfois le métal principal, mais le plus souvent un sous-produit du cuivre.

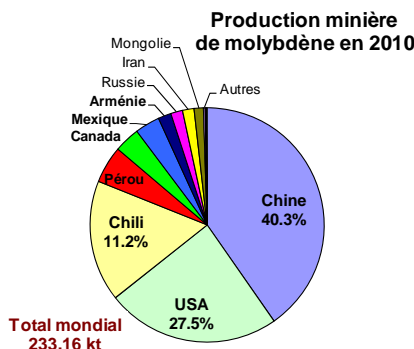
On trouve aussi du molybdène dans des gisements de cuivre sédimentaires ("Kupferschiefer"), dans des filons à U, Co, Cu et Ni en roches carbonatées, et dans des sédiments marins riches en matière organique (schistes et sables bitumineux), qui pourraient constituer les ressources du futur.

La molybdénite  $MoS_2$  est pratiquement le seul minéral primaire exploité dans certains gisements (gîtes hydrothermaux de haute température, skarns et pegmatites), mais cette production est marginale.



Molybdénite d'Australie – Muséum de Paris (cliché U. de Cayeux BRGM)

Une trentaine de gisements sont exploités actuellement dans le monde, répartis principalement dans dix pays, ayant assuré une production de plus de 200 kt en 2010.



Les ressources mondiales sont évaluées par l'USGS\* à 19,4 Mt, et les réserves à 9,83 Mt, réparties essentiellement dans quatre pays (Chine 44%, USA 28%, Chili 11%, Pérou 5%), ce qui représente plus de 40 ans de production (220 kt/an).

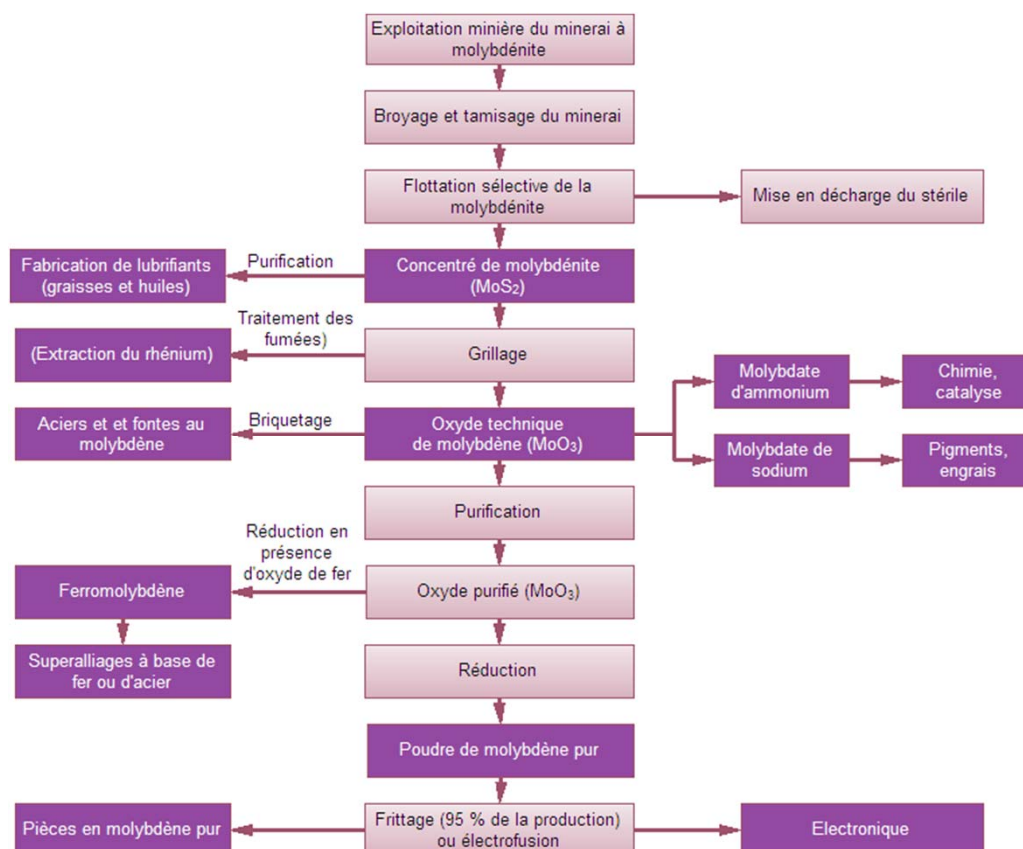
Les ressources potentielles en France sont mal connues. A part une production de 6 000 t de minerai à 0,37 % Mo (1942-44) à Château-Lambert (70), il n'y a pas eu de production minière en France.

L'inventaire national a répertorié des gisements dans le massif armoricain : Beauvain (61, 42 000 t de minerai à 0,02 % Mo), La Rousselière (44), dans le Massif central à Neuf-Jours (19), et à Breitenbach (67, minéralisation disséminée à Mo-W). Les teneurs connues à ce jour restent infraéconomiques.

\* US Geological Survey

### > Traitement des minerais

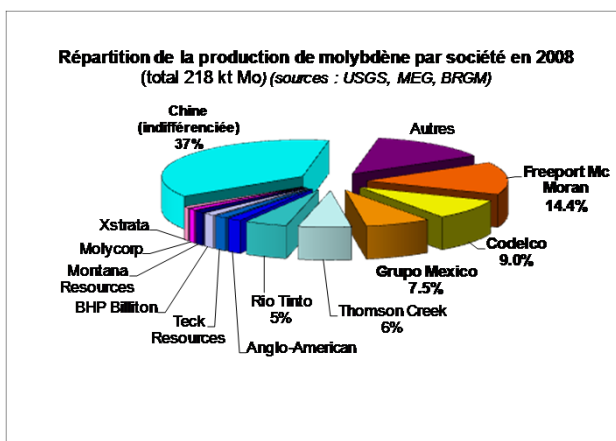
Le tableau suivant présente le schéma de traitement de la molybdénite et de la production du molybdène



## > Acteurs industriels

Les principaux producteurs mondiaux sont :

- diverses sociétés chinoises, assurant 37% à 40% de la production mondiale, maintenant essentiellement à usage interne, le molybdène étant considéré comme substance stratégique par le gouvernement de ce pays,
- Freeport McMoRan (USA, 14% de la production mondiale),
- une dizaine d'autres sociétés se partageant entre 1 et 8% de la production.



La France importe du ferro-molybdène, des oxydes et des aciers alliés, qui sont utilisés par les grands groupes industriels ou par des sociétés spécialisés dans la métallurgie, en électronique, dans le nucléaire, l'aéronautique et la défense, en pétrochimie et automobile...

## > Prix

Les prix du molybdène sont enregistrés en US\$/kg (ou /lb) de Mo contenu dans l'oxyde technique molybdique (OTM) ou le ferro-molybdène (voir graphe ci-dessous). Depuis le 22/02/2010, le London Metal Exchange réalise une quotation de Mo. Les concentrés de molybdénite et l'OTM sont échangés sur la base de contrats directs, également sur le marché spot.

Après un pic à plus de 80 US\$/kg de Mo contenu en 2005 et une forte chute fin 2008, les cours se sont stabilisés à 30-40 US\$/kg depuis novembre 2010.

## > Criticité

L'offre mondiale pourrait rester excédentaire et assurer une croissance annuelle de 4,5% dans la prochaine décennie. La Chine, 1<sup>er</sup> producteur et 1<sup>er</sup> consommateur mondial, n'est pas en mesure de contrôler le marché.

Les risques d'approvisionnement sont faibles sur le marché français. Néanmoins, un recyclage accru, la mise au point de produits moins riches en Mo et la constitution de stocks de produits semi-finis sont recommandés pour mettre l'industrie nationale à l'abri de tensions.

