

# Le rhénium

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



Septembre 2011

Métal très dense, parmi les plus rares sur terre, d'un prix élevé, utilisé dans certains superalliages et catalyseurs

## > Propriétés

Le rhénium (Re) est le 75<sup>e</sup> élément du tableau de Mendeleïev.

Dernier élément stable naturel à avoir été découvert en 1925, il est très rare sur terre (Clarke  $\approx$  1 ppb - ou partie par milliard).

C'est un métal dense (d 20,80) très réfractaire (point de fusion 3185°C), présentant une bonne résistance à la corrosion, ainsi que des propriétés catalytiques intéressantes.

N° atomique <b>75</b>	Masse atomique <b>186.2</b>
<b>Re</b> Rhénium	
Pt de fusion <b>3 185°C</b>	Pt d'ébullition <b>5 596°C</b>
Densité <b>20.80</b>	Clarke <b>+/-1 ppb</b>



© [www.periodictable.com](http://www.periodictable.com)

## > Usages

Le rhénium bien qu'étant rare et d'un coût de production élevé, est utilisé sous forme métallique dans :

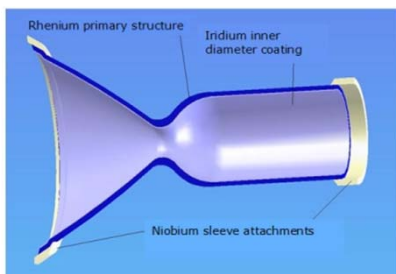
- les superalliages (plus des 3/4 de la consommation mondiale) notamment les aciers de haute technologie, avec Ni, Co, Mo, W (+ Ta, Ru, etc.), résistants à la chaleur, utilisés en aéronautique (turbines de moteurs, ailettes), et dans les génératrices d'électricité à gaz ;
- les catalyseurs de l'industrie pétrochimique, avec le platine, (14% de la consommation mondiale) : raffinage du pétrole, fabrication de composés BTX (Benzène, Toluène, Xylène), technologie GTL (Gas To Liquid) ;
- les filaments de lampes à incandescence, de fours électriques, de thermocouples, d'anodes de tubes à rayons X...



## > Usages (suite)

Le rhénium est aussi mis en oeuvre :

- dans les chambres de combustion de fusées (alliages Ir-Re, projet Ultramet),



(© www.ultramet.com)

- sous forme de joint dans les cellules à enclumes de diamant (CED), où les conditions extrêmes de pression et de température imposent le choix d'un matériau très résistant (Re étant dans ce cas plus performant que l'inox et que l'alliage de CuBe).

On peut mentionner que les deux isotopes radioactifs  $^{186}\text{Re}$  et  $^{188}\text{Re}$ , produits artificiellement, sont utilisés en radiothérapie.

**Substitution** : En raison de sa rareté et de son coût élevé, des superalliages dépourvus de rhénium sont mis au point et développés pour l'aéronautique. L'iridium et l'étain ont également été testés en remplacement du rhénium dans les catalyseurs.

### Risques sanitaires, réglementation:

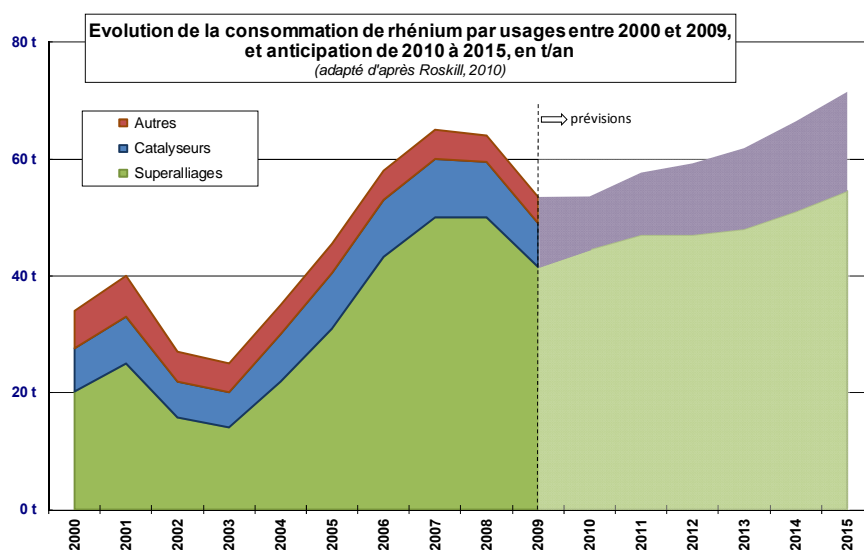
Le rhénium n'a pas fait jusqu'à présent l'objet d'étude toxicologique ni de réglementation spécifique.

Les procédés à chaud et les opérations d'usinage, de soudure, de récupération et de recyclage des alliages peuvent présenter un risques pour l'exposition aux poussières, fumées et vapeurs contenant du Re.

## > Consommation mondiale

La consommation mondiale de rhénium a été de 53,5 t en 2009, après avoir dépassé 60 t en 2007 et 2008, contre moins de 30 t en 2002 - 2003. Cette augmentation est essentiellement due à une demande et une production accrues de superalliages.

La consommation de superalliages concerne surtout les motorisateurs de l'aéronautique aux USA et en Europe. Comme ceux-ci cherchent généralement à abandonner un métal cher et dont l'approvisionnement est difficile, les perspectives de la demande restent peu lisibles pour les années à venir, mais une certaine reprise peut être possible d'ici à 2015, comme l'indique le tableau suivant.



**Recyclage** : cette filière est incitée par la rareté et le prix du rhénium, avec un taux de recyclage de l'ordre de 50%, jusqu'à 90% pour les ferrailles d'alliages.

ERAMET en France a ainsi récupéré 400 kg de rhénium à partir de 13 t de superalliages. Le recyclage des catalyseurs (réalisé par Eurecat dans le domaine pétrochimique en France) fonctionne quant à lui en circuit fermé.

### > Ressources et production

Le rhénium est l'un des éléments les plus rares sur terre. Il est lié à des minéraux tels que la molybdénite ( $MoS_2$ , contenant jusqu'à 700 ppm de Re), ou d'autres minéraux, eux-mêmes issus de minerais de cuivre. On trouve ainsi du rhénium dans les gisements de type "porphyrys" à Cu et/ou Mo, notamment au Chili, au Pérou, au Mexique, aux USA, au Canada.

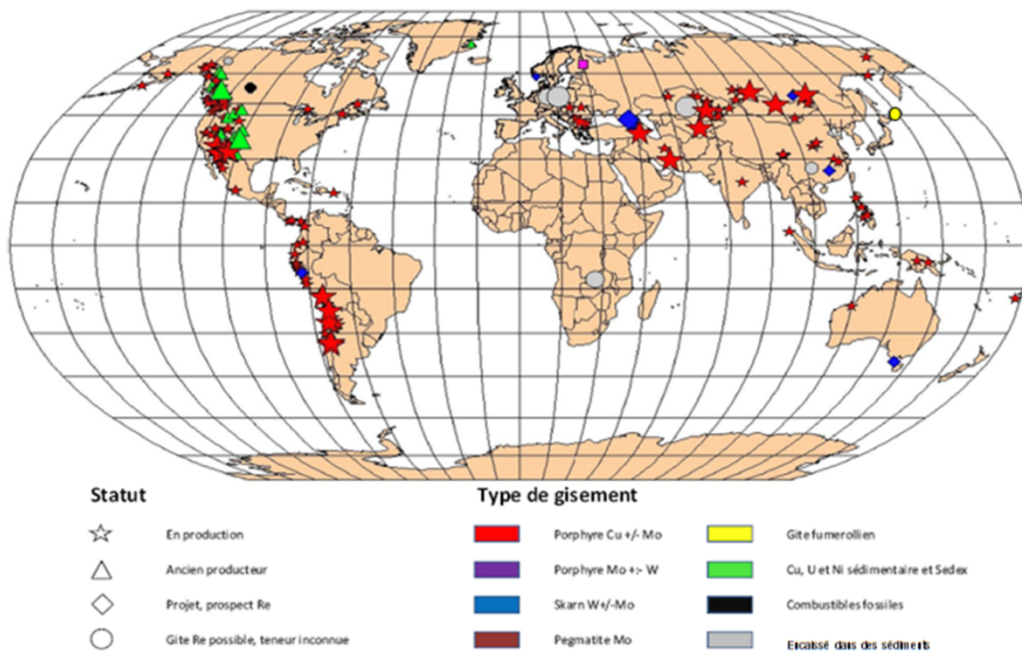
Re peut également être présent, à très faibles teneurs, dans certains gisements de cuivre sédimentaires (Kupferschiefer en Pologne, Copper Belt d'Afrique Centrale, de Chine, du Kazakhstan).

Le minéral rhéniite ( $ReS_2$ ) se trouve ponctuellement dans les fumerolles du volcan Kudriavyi (Kouriles, Russie), mais ne constitue pas une ressource exploitable.

Les réserves mondiales sont mal connues. Elles sont évaluées par l'USGS à 2 500 t, dont 88% dans quatre pays (Chili 52%, USA 16%, Russie 12% et Kazakhstan 8%). Elles représenteraient donc 50 ans de production à un rythme de 50 t/an.

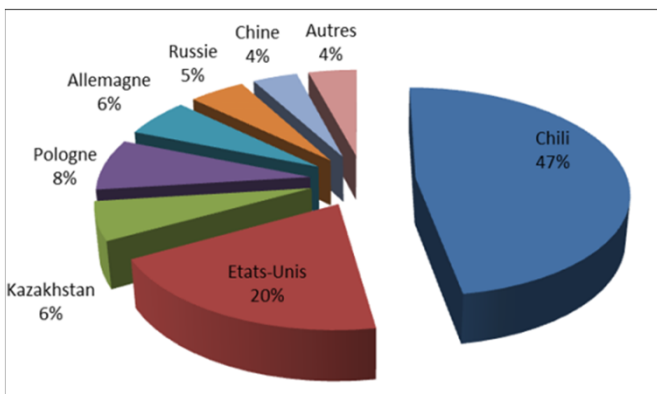
Les ressources mondiales se monteraient au total à 10 000 t, dont 7 650 t pour ces quatre pays, auxquels s'ajoutent le Canada (1 500 t), le Pérou (550 t), l'Arménie (120 t).

L'existence de ressources de Re en France est très peu probable, les conditions géologiques et gîtologiques n'étant pas favorables.



Rhénite (iles Kouriles, Russie)

La production mondiale de rhénium a été de 50.65 t en 2009, dont 41.2 t d'origine minière et 9.45 t secondaire par recyclage (source : Roskill 2010).



### > Traitement des minerais, métallurgie

Le grillage des concentrés de molybdénite, obtenus par flottation sélective après broyage de minerais à cuivre-molybdène, produit de l'OTM (Oxyde Technique de molybdène), processus durant lequel le rhénium part dans les gaz et fumées sous forme de  $Re_2O_7$ , volatil.

Ces gaz et fumées sont capturés et rincés à la soude, puis le rhénium est capté par une résine échangeuse d'ions d'où il est extrait par solvant, précipité sous forme de  $Re_2S_7$  après acidification par HCl et  $H_2S$ , puis transformé en perrhéate par peroxydation à  $H_2O_2$ .

Le Re métallique est obtenu par réduction du perrhéate par  $H_2$ .

## > Acteurs industriels

Les principaux producteurs mondiaux de rhénium primaire sont :

- Molymet (Molibdenos y Metales SA, Chili), 56 % de la production primaire mondiale à partir de concentrés de molybdénite obtenue auprès des exploitants des mines de cuivre ;
- Redmet (Kazakhstan) 12% ;
- Freeport McMoRan (USA) 11% ;
- KGHM Ecoren (Pologne) 7%.

La capacité de production de Re secondaire est de près de 30 t/an, dont les 2/3 par des sociétés allemandes et estoniennes, et environ 1/3 par des sociétés américaines. Mais seulement un peu moins de 10 t ont été récupérés en 2009. De nouveaux projets miniers sont en cours de montage d'ici 2014, notamment au Chili (Codelco, Molymet, Xstrata), en Australie (Ivanhoe), aux USA (Kennec) et en Pologne (KGHM), qui devraient augmenter la capacité de production primaire de près de 30t/an.

En France, seul Eurotungstène Poudres, du groupe Eramet, produit des poudres à 99,98 % Re à Grenoble (100 à 300 kg/an), à partir de minerai de tungstène importé.

Parmi les divers fabricants, distributeurs et utilisateurs de produits à base de rhénium, on trouve des sociétés spécialisées dans les catalyseurs pour la pétrochimie, et autres branches analytiques, ainsi que dans les superalliages pour industries aéronautiques, dans les produits pour industries de l'électronique et pour la production électrique.

## > Prix

Il n'existe pas de cotation en bourse. Le prix du rhénium, commercialisé sous forme de perrhénate d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{ReO}_4$ , ou "APR" à 69.4% Re) ou de rhénium métal (pellets, barres ou poudre) est fixé entre acheteurs et vendeurs, et souvent sécurisé par contrats pluriannuels.

Après une envolée des prix entre 2006 et 2008, due à une demande non satisfaite du secteur aéronautique (mais qui n'a pas affecté les contrats à terme), ceux-ci se sont stabilisés aux environs de 4000 US\$/kg depuis mi-2009 (pour un métal à 99,9%).

## > Criticité

Le rhénium, surtout utilisé dans les superalliages (motoristes, aéronautique), en catalyse et pour quelques autres usages de haute technologie, a un taux de recyclage important (plus de 50%).

En France, le motoriste Snecma/Safran a déjà substitué le rhénium en raison de sa criticité, et les autres utilisateurs industriels n'en n'utilisent que de faibles quantités, avec un choix ouvert parmi les fournisseurs.

Il convient cependant de maintenir une veille technologique sur la stratégie et les besoins futurs des motoristes, des utilisateurs en catalyse, et consécutivement de sécuriser les approvisionnements par des contrats à terme, ainsi que de développer le recyclage.

