

RHENIUM 2012

MATIÈRES PREMIÈRES :

La teneur de l'écorce terrestre est comprise entre 0,7 et 7 ppb, soit de 0,7 à 7 mg/t.

Le rhénium (Re) est principalement présent dans la molybdénite (MoS_2), elle même présente dans les gisements sulfurés de cuivre de type porphyrite, présents en Amériques du Nord et du Sud. La concentration en rhénium de la molybdénite peut atteindre de 250 à 700 ppm, soit de 250 à 700 g/t. En conséquence, le rhénium est principalement un coproduit de la production du molybdène, lui même coproduit de la production de cuivre.

Le rhénium est également présent dans des gisements de cuivre sédimentaires, par exemple au Kazakhstan, en Ouzbékistan, en Russie, en Arménie, en Pologne. Dans ces minerais, pauvres en molybdène, la teneur en rhénium peut atteindre, par exemple, en Pologne, environ 1,5 g de Re/t et après concentration, de 5 à 15 ppm dans les concentrés de cuivre.

Inova Resources (ex Ivanhoe Australia) dont Shanxi Donghui Coal Coking & Chemicals Group a pris le contrôle, développe le projet Merlin de mine de molybdène-rhénium, en Australie, dans le Nord-Ouest du Queensland. Les réserves probables sont de 7,1 millions de t de minerai renfermant 1,1 % de Mo et 18,1 g de Re/t. La production prévues est de 5 100 t/an de Mo et 7 300 kg/an de Re. Le minerai extrait doit être traité dans le complexe, proche, de production de cuivre d'Osborne.

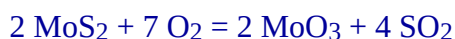
FABRICATION INDUSTRIELLE :

Elaboration du perrhénate d'ammonium (NH_4ReO_4) :

Les minerais sulfurés de cuivre sont traités par flottation différentielle pour donner d'une part des concentrés de cuivre et d'autre part des concentrés de molybdénite. Les concentrés de molybdénite, renfermant de 85 à 95 % de MoS_2 , sont principalement traités par voie pyrométallurgique de grillage. Toutefois un procédé hydrométallurgique commence à être exploité.

Procédé pyrométallurgique :

Les concentrés de molybdénite, lors de leur grillage entre 500 et 650°C, libèrent, dans les gaz issus du grillage, de l'oxyde de rhénium Re_2O_7 sous forme de particules fines et de vapeur. La réaction de grillage est la suivante :



Le barbotage dans l'eau de ces gaz donne une solution acide, renfermant le rhénium en solution sous forme d'ions ReO_4^- . Le taux de récupération du rhénium est d'environ 60 %.

Lorsque le molybdène n'est pas récupéré, comme dans le traitement des minerais de cuivre polonais, le rhénium contenu est présent dans les gaz issus du grillage des concentrés de cuivre. Il est récupéré également par barbotage dans de l'eau, pour donner une solution dont la teneur varie entre 20 et 60 mg de Re/L.

Les solutions issues du grillage des concentrés de molybdénite ou de cuivre sont purifiées en précipitant les sulfures contenus par augmentation du pH à l'aide de soude puis le rhénium est extrait à l'aide de résines échangeuses d'ions et récupéré par élution à l'aide d'ammoniac.

Le rhénium, de nombre d'oxydation +7, contenu dans la solution d'élution est :

- soit précipité par HCl et H₂S pour donner du sulfure de rhénium (Re₂S₇) qui après filtration est dissous dans de l'eau oxygénée pour donner du perrhénate d'ammonium (APR : NH₄ReO₄),
- soit récupéré par évaporation de la solution et cristallisation.

Procédé hydrométallurgique :

La société Kennecott Utah Copper, filiale de Rio Tinto, développe à Magna près de Salt Lake City, un procédé de dissolution et d'oxydation de la molybdénite dans un autoclave qui évite ainsi l'opération de grillage. La capacité de production prévue est, pour fin 2014, de 13 600 t/an de molybdène et de 4 100 kg/an de rhénium. Après purification par extraction par solvants, le rhénium est extrait par résine échangeuse d'ion, élution, évaporation et cristallisation. Les concentrés sont issus de la mine de cuivre de Bingham Canyon.

Le perrhénate d'ammonium (NH₄ReO₄), dénommé APR est l'une des principales formes de commercialisation du rhénium.

Elaboration du rhénium métallique :

Pour des applications dans l'élaboration d'alliages métalliques et en particulier de superalliages, le perrhénate d'ammonium ou l'acide perrhénique est réduit en rhénium, vers 850°C, par le dihydrogène selon la réaction suivante :



Après pressage, la poudre obtenue est frittée, vers 1100°C, sous atmosphère de dihydrogène. La pureté obtenue est de 99,9 %.

PRODUCTIONS MINIERES : en kg, en 2012. Monde : 44 800.

| | | | |
|------------|--------|--------------|-------|
| Chili | 24 600 | Corée du Sud | 3 000 |
| Etats-Unis | 7 000 | Kazakhstan | 2 500 |
| Pologne | 4 000 | Arménie | 700 |
| Chine | 3 000 | Ouzbékistan | 500 |

Source : MMTA

La production chilienne est totalement exportée.

En 2012, les importations des Etats-Unis sont de 34 000 kg.

Aux Etats-Unis, des concentrés de molybdénite renfermant du rhénium sont produits dans 7 mines dont 4 dans l'Arizona, une dans le Montana, une dans l'Utah et une au Nouveau Mexique. Les concentrés sont traités dans une seule installation de grillage, à Sierrita, dans l'Arizona, exploitée par Freeport McMoRan.

Principaux producteurs : en capacités de production, en kg, en 2009. Monde : 71 275 kg.

| | | | |
|--------------------------------------|--------|-------------------------------|-------|
| <u>Molymet</u> (Chili) | 40 000 | <u>Navoi</u> (Ouzbékistan) | 5 000 |
| <u>Kazakhmys</u> (Kazakhstan) | 8 650 | <u>Jiangsi Copper</u> (Chine) | 1 800 |
| <u>Freeport McMoRan</u> (Etats-Unis) | 8 000 | <u>ZCMC</u> (Arménie) | 1 500 |
| <u>KGHM Ecoren</u> | 5 000 | <u>Uralelectromet</u> | 1 000 |

(Pologne)

(Russie)

Source : BRGM, d'après Roskill

Molybmet produit du rhénium principalement à Nos, près de Santiago et à Mejillones, au Chili, à Gand, en Belgique et à Cumpas, dans l'état de Sonora, au Mexique. La société est approvisionnée en concentrés de molybdénite par les principaux producteurs de cuivre chilien : Codelco, Anglo American, Antofagasta.

De nouveaux producteurs devraient apparaître prochainement avec les projets de :

- Kennecott Utah Copper, filiale de Rio Tinto, à Magna près de Salt Lake City dans l'Utah, aux Etats-Unis, pour récupérer le molybdène et le rhénium de la mine de Bingham Canyon.
- Codelco qui construit à Mejillones, au Chili, une usine d'une capacité de production prévue, en 2015, de 16 000 t/an de Mo et 2 800 kg/an de Re.

Réserves : en 2012, en t. Monde : 2 500 t

| | | | |
|------------|-------|---------|----|
| Chili | 1 300 | Arménie | 95 |
| Etats-Unis | 390 | Pérou | 45 |
| Russie | 310 | Canada | 32 |
| Kazakhstan | 190 | | |

Source : USGS

RECYCLAGE :

Le rhénium contenu dans les superalliages et les catalyseurs après usage est quasi systématiquement récupéré.

Production secondaire : en kg, en 2009. Monde : 9 450 kg.

| | | | |
|------------|-------|---------|-------|
| Allemagne | 3 000 | Russie | 2 500 |
| Etats-Unis | 3 000 | Estonie | 500 |

Source : BRGM

Producteurs :

- En Allemagne : Heraeus Precious Metals, H.C. Starck, Buss & Buss.
- Aux Etats-Unis : Gemini Industries, BASF, Colonial Metals.
- Au Canada : Molycorp.
- En Russie : AS Nordmet.
- En Estonie : Toma Group.

UTILISATIONS :

Propriétés remarquables :

- Sa masse volumique, de 21,03 g/cm³, est plus élevée que celles de l'or et du tungstène.
- Sa température de fusion très élevée, 3 186°C, lui confère des propriétés réfractaires.
- Il résiste fortement à la corrosion.
- Il est particulièrement ductile.

Consommations annuelles : dans le monde, en 2012, 54 000 kg, dont 44 000 kg aux Etats-Unis.

Secteurs d'utilisation : en 2012

| | | | |
|---------------|--------|----------|-------|
| Superalliages | 83,3 % | Catalyse | 9,3 % |
|---------------|--------|----------|-------|

Source : MMTA

- Les superalliages à base nickel : le rhénium est un élément de composition de ces alliages pour la fabrication de pales monocristallines de turbines destinées à des turboréacteurs. Il permet d'accroître leur résistance thermique en particulier dans les zones proches de la chambre de combustion.

Exemples de composition, en % massique :

| | Cr | Co | Mo | W | Ta | Nb | Al | Ti | Re | Hf | Ru |
|---------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| CMSX 10 | 2,0 | 3,0 | 0,4 | 5,0 | 8,0 | 0,1 | 5,7 | 0,2 | 6,0 | 0,03 | - |
| Rene N6 | 4,2 | 12,5 | 1,4 | 6,0 | 7,2 | - | 5,7 | - | 5,0 | 0,1 | - |
| MC-NG | 4,0 | - | 1,0 | 5,0 | 5,0 | - | 6,0 | 0,5 | 4,0 | 0,1 | 0,1 |

Source : K. Leszczynska-Sejda, IMN

- Les catalyseurs : des catalyseurs Pt-Re sont utilisés dans reformage catalytique du pétrole afin d'augmenter l'indice d'octane des carburants, dans la fabrication du benzène, du toluène et des xylènes ainsi que dans la fabrication de carburants à partir de méthane.

Autres utilisations :

- Dans la composition de résistances de fours électriques.
- Dans les thermocouples W-Re permettant de mesurer des températures jusqu'à 2 300°C sous vide ou atmosphère de dihydrogène. Les compositions des fils sont de 3 à 5 % de Re pour l'un, 25 à 26 % de Re pour l'autre.
- Comme élément d'alliage du tungstène ou du molybdène dans les anode tournantes de tubes de production de rayons X destinés aux radiographies. L'ajout du rhénium permet d'augmenter la ductilité et la résistance au fluage de ces métaux. La teneur en Re de l'alliage Mo-Re peut atteindre 50 % en poids, celle de l'alliage W-Re, 27 %.