

## ARGENT 2012

### MATIÈRES PREMIÈRES :

La teneur moyenne de l'écorce terrestre est de 0,075 ppm ou g/t.

Les teneurs des minerais exploités varient, en général, de quelques dizaines à quelques centaines de g/t. Ag est associé, dans des sulfures, à Cu, Pb, Zn ainsi que parfois à Bi et Sb. Il accompagne toujours l'or dans ses gisements.

Les teneurs, pour les gisements les plus riches, peuvent atteindre près de 2 kg/t, par exemple 1,4 kg/t dans la mine chinoise de Ying Silver (Henan), où l'argent est associé au plomb (teneur de 32 %). La mine Martha en Argentine possède des réserves titrant 1,8 kg/t.

En 2011, 37 % de la production minière mondiale d'argent provient de mines de [plomb-zinc](#), 21 % de mines de [cuivre](#) et 13 % de mines d'[or](#). 29 % seulement de la production provient de mines extrayant principalement l'argent.

Par exemple, en 2012, Codelco (Chili), n°1 mondial du cuivre (1,8 million de t/an), a produit également comme co-produit de l'exploitation du cuivre, 19 876 t de molybdène, 284 t d'argent et 2,4 t d'or.

Exemples de gisements :

- Peñasquito (état de Zacatecas, Mexique) propriété de la société [Goldcorp](#). La production est, en 2012, de 146 990 t de zinc, 69 690 t de Pb, 737 t d'argent et 12,8 t d'or. La production a débuté en 2010 avec une durée de vie de 22 ans. Fin 2012, les réserves prouvées et probables sont estimées à 1 063 millions de t de minerai contenant 0,60 % de Zn, 0,25 % de Pb, 25,5 g/t de Ag, 0,44 g/t de Au.

- La mine de Mac Arthur River (Territoires du Nord, Australie) exploitée par [Xstrata](#) a produit en 2012, 202 000 t de Zn, 40 400 t de Pb et 57 t de Ag. Les réserves prouvées et probables sont estimées, début 2013, à 110 millions de t de minerai contenant 10,0 % de Zn, 4,7 % de Pb et 47 g/t de Ag. L'exploitation pourrait se poursuivre durant 25 ans.

**PRODUCTIONS MINIERES** : en 2012, en t. Monde : 24 478 t, Union européenne (Pologne, Suède) : 1 642 t.

Mexique	5 045	Pologne	1 281
Chine	3 639	Bolivie	1 235
Pérou	3 462	Chili	1 151
Australie	1 770	États-Unis	1 014
Russie	1 400	Argentine	750

Source : The Silver Institute

Au total, jusqu'en 2008, il a été extrait du sol, dans le monde, 1,4 million de t d'argent dont 55 % depuis 1940.

**Principales mines d'argent exploitées** : production de 2012, en t.

Cannington (Australie)	1 002	Palmarejo (Mexique)	256
------------------------	-------	---------------------	-----

<a href="#">Fresnillo</a> (Mexique)	821	<a href="#">Pallancata</a> (Pérou)	231
Dukat (Russie)	482	<a href="#">Saucito</a> (Mexique)	219
<a href="#">Uchucchacua</a> (Pérou)	349	<a href="#">Gümüşköy</a> (Turquie) <a href="#">Imiter</a> (Maroc)	200
<a href="#">Pirquitas</a> (Argentine)	268	<a href="#">Greens Creek</a> (Etats-Unis)	199

Source : The Silver Institute

La mine souterraine, à 650 m de profondeur, de Cannington (Queensland, Australie) est exploitée par [BHP-Billiton](#). Le gisement, découvert en 1990, a commencé à produire des concentrés de plomb et de zinc en 1997. L'exploitation devrait se poursuivre jusqu'en 2016. Les réserves prouvées sont de 23 millions de t de minerai contenant 7,0 % de Pb, 3,7 % de Zn et 266 g/t de Ag. Le minerai (1,8 million de t/an) est traité sur place par flottation donnant des concentrés transportés par route sur 187 km puis par voie ferrée sur 750 km jusqu'au port de Townville à l'aide de convois de 45 wagons transportant 3 000 t. Les concentrés de plomb contiennent 3 kg de Ag par tonne de concentré, ceux de zinc, 250 g/t. En 2011-12, la production a été de 239 090 t de plomb, 54 677 t de zinc et 1 096 t d'argent.

La mine souterraine de [Fresnillo](#), traite 2,7 millions de t de minerai par an, contenant 327 g/t de Ag et a produit, en 2012, 16 190 t de Pb, 14 966 t de Zn, 821 t de Ag et 920 kg d'or. L'exploitation de cette mine se poursuit depuis 1554. Les réserves prouvées et probables sont de 34,2 millions de t contenant 3,12 % de Zn, 1,53 % de Pb, 281 g/t de Ag et 0,67 g/t d'or.

**Réserves minières** : en 2012, en milliers de t de Ag contenu. Monde : 540.

Pérou	120	Chine	43
Pologne	85	Mexique	37
Chili	77	Etats-Unis	25
Australie	69	Bolivie	22

Source : USGS

**Producteurs** : en 2012, en tonnes.

<a href="#">KGHM Polska Miedz</a> (Pologne)	1 275	<a href="#">Pan American Silver</a> (Canada)	781
<a href="#">BHP-Billiton</a> (Australie)	1 213	<a href="#">Cia Minera Volcan</a> (Pérou)	684
<a href="#">Fresnillo Plc</a> (Mexique)	1 148	<a href="#">Buenaventura</a> (Pérou)	569
<a href="#">Goldcorp</a> (Canada)	949	<a href="#">Coeur d'Alene</a> (Etats-Unis)	560
<a href="#">Polymetal</a> (Russie)	824	<a href="#">Southern Copper</a> (Etats-Unis)	422

Source : The Silver Institute

[KGHM](#) exploite 3 mines souterraines dans le sud-ouest de la Pologne, à Lubin, Polkowice-Sierszowice et Rudna. En 2011, extraction de 29,7 millions de t de minerai contenant 1,61 % de Cu et 48 g/t de Ag et production de 571 000 t de Cu, 1 260 t de Ag et 704 kg d'or. Le gisement, découvert en 1957, est situé entre 600 et 1380 m de profondeur et occupe une surface de 550 km<sup>2</sup>. La production a commencé en 1968. En 2011, les réserves sont de 1 181 millions de t contenant 1,58 % de Cu et 48 g/t de Ag.

[BHP-Billiton](#), récupère de l'argent dans les mines à ciel ouvert de cuivre d'Escondida, au Chili, contrôlée à 57,5 % et d'Antamina, au Pérou, possédée à 33,8 %, ainsi que, en Australie, dans la mine souterraine de plomb-zinc de Cannington et dans la mine souterraine de cuivre-uranium d'Olympic Dam, exploitée par lixiviation in situ. En 2011-12, la production d'Escondida a été de 505 800 t de cuivre, 60 t d'argent et 1 582 kg d'or. La production d'Antamina a été de 127 000 t de cuivre, 57 540 t de zinc, 788 t de plomb, 2 346 t de molybdène, 133 t d'argent. La production de Cannington a été de 54 677 t de zinc, 239 090 t de plomb, 1 064 t d'argent. La production d'Olympic Dam a été de 192 600 t de cuivre, 3 885 t d'oxyde d'uranium U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 28 t d'argent et 3 665 kg d'or.

[Fresnillo PLC](#), contrôlée par le [groupe BAL](#), exploite des mines d'argent (Fresnillo et Saucito) et d'or au Mexique. En 2012, la mine d'argent de Fresnillo a produit 14 966 t de zinc, 16 190 t de plomb, 821 t d'argent et 920 kg d'or, celle, également souterraine, de Saucito, 2 773 t de zinc, 1 791 t de plomb, 219 t d'argent et 1 407 kg d'or. La mine souterraine d'or de Ciénega a produit 5 676 t de zinc, 8 171 t de plomb, 104 t d'argent et 3 896 kg d'or, celles, à ciel ouvert, de Herradura, 4 t d'argent et 5 479 kg d'or, de Soledad-Dipolos, 0,9 t d'argent et 1 869 kg d'or, de Noche Buena, 0,25 t d'argent et 1 141 kg d'or.

## **METALLURGIE :**

L'extraction de l'argent contenu dans les minerais dépend du type de minerai exploité.

Dans le cas de l'argent contenu dans des minerais de Pb-Zn, l'argent se retrouve dans les concentrés de [plomb](#) et de [zinc](#) et est récupéré lors des opérations métallurgiques de traitement de ces concentrés (voir les chapitres correspondants). Il en est de même pour l'argent contenu dans des minerais sulfurés de [cuivre](#).

Lors des opérations de purification du plomb, à l'état liquide, l'ajout de zinc (procédé Parkes) se traduit par une dissolution préférentielle de l'argent, du cuivre et de l'or dans Zn avec, en particulier, formation de l'alliage Ag<sub>2</sub>Zn<sub>3</sub> solide qui est récupéré à la surface du bain liquide. Le zinc est ensuite éliminé par chauffage sous vide puis recyclé. Les diverses impuretés sont oxydées à chaud à l'air et ainsi éliminées. Il reste un alliage Ag-Au (doré) qui est traité par électrolyse à anode soluble. Le doré est placé à l'anode, la cathode est en acier inoxydable ou en argent, l'électrolyte est une solution aqueuse de nitrate d'argent et de cuivre en présence d'acide nitrique. Les cristaux d'argent se déposent sur la cathode d'où ils sont récupérés périodiquement, lavés puis fondus et enfin l'argent est coulé en lingots. Les impuretés contenues (Au, Pd, Pt...) restent insolubles et forment des boues anodiques qui sont traitées pour récupérer les métaux contenus.

Lors du traitement hydrométallurgique du zinc, l'argent reste insoluble, avec le plomb, lors de l'opération de lixiviation dans l'acide sulfurique. Ces résidus insolubles sont ensuite traités selon les techniques de la métallurgie du plomb (voir ci-dessus).

L'argent contenu dans les minerais de cuivre se retrouve, lors des opérations métallurgiques, dans le blister qui est ensuite purifié selon le procédé à anode soluble. L'argent et l'or, insolubles, se retrouvent dans les boues anodiques qui après purification donnent par fusion un doré qui est traité par électrolyse (voir ci-dessus).

Dans le cas de l'argent contenu dans des minerais d'[or](#), l'argent est extrait, avec l'or, par cyanuration (voir le chapitre [or](#)). Ensuite, au contraire des minerais pauvres en argent pour lesquels l'or est récupéré par adsorption sur du charbon actif, l'argent s'adsorbant mal, la solution de lixiviation est

traitée par cémentation à l'aide de poudre de [zinc](#) (procédé Merrill-Crowe). L'argent et l'or se retrouvent sur les particules de zinc et le ciment ainsi obtenu est traité par un mélange d'[acide chlorhydrique](#) et de [peroxyde d'hydrogène](#). L'or et le zinc passent en solution et l'argent, précipitant sous forme de AgCl, est récupéré.

### **RECYCLAGE :**

La production secondaire mondiale est estimée, en 2012, à 8 108 t, soit 24,5 % de la consommation mondiale dont, 1 500 t aux Etats-Unis, 1 000 t, en Chine

#### En photographie :

Les films et papiers émulsionnés vierges contiennent de 0,5 à 3,5 % de Ag, après exposition et développement : de 2 à 15 g/kg de film. Un fixateur usé contient de 4 à 7 g d'Ag/L.

Lors du développement, l'argent se répartit, pour de la photographie noir et blanc, moitié-moitié entre le film et le fixateur. Dans le cas de la couleur, l'argent passe à 99 % dans le fixateur.

#### Récupération de l'argent :

- Des films et papiers : par brûlage ou par lavage des supports en polyester à l'aide d'une solution bouillante de [soude](#) dans l'éthanol. 95 % de l'argent contenu est ainsi récupéré.
- Du fixateur : par électrolyse, en continu, au cours de la fixation. Ag se dépose à la cathode. En radiographie, la récupération est de l'ordre de 2,5 g par m<sup>2</sup> d'émulsion fixée soit pour 100 clichés/jour, 7 kg d'Ag par an. Parallèlement à la récupération de l'argent, de 50 à 80 % du fixateur est régénéré.

#### **Stocks :**

- Les stocks gouvernementaux sont estimés, fin 2005, à 6 415 t. En 2011, ils sont de 498 t aux Etats-Unis. Les stocks du COMEX (bourse des métaux de New York) sont, fin 2012, de 4 400 t.
- L'argent stocké par les particuliers, en Inde, est de 60 à 160 000 t. Dans ce pays, il est traditionnel d'offrir, en cadeau de mariage, des lingots en argent.
- En 2012, les ventes gouvernementales ont été de 261 t.

### **SITUATION FRANÇAISE :**

- Production minière : nulle depuis l'arrêt de l'exploitation des mines d'or du Bourneix (87) en 2002 et de Salsigne (11) en 2004.
- Importations, en 2012 : 511 t d'Allemagne à 39 %, de Suisse à 25 %, des Etats-Unis à 13 %.
- Exportations, en 2012 : 270 t vers l'Espagne à 56 %, le Royaume Uni à 13 %, la Suisse à 13 %, l'Allemagne à 10 %.
- Le recyclage de vieux déchets d'argent usagé a porté, en 2008, sur 62 t dont 40 t provenant de films radiographiques, 20 t de cartes électroniques.

### **UTILISATIONS :**

**Consommations** : en 2012, dans le monde : 33 156, dont, 5 900 t aux Etats-Unis, 5 309 t, en 2011, en Chine.

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

Industrie	42,6 %	Pièces et médailles	8,4 %
Investissements	21,9 %	Photographie et radiographie	5,1 %
Bijouterie	16,8 %	Argenture	4,2 %

Source : The Silver Institute

Photographie et radiographie : en 2005, dans le monde, près de 2,3 milliards de films photographiques ont été vendus ainsi que 1,4 milliard de m<sup>2</sup> de papier photographique. Une once d'argent (31,1035 g) permet de réaliser 5 000 photographies couleur d'un format standard. Toutefois, face à la concurrence de la photographie numérique, la consommation dans ce secteur est en diminution constante (27 % des utilisations en 1995). Le maximum de consommation dans ce secteur a été atteint en 2000 avec 4,5 milliards de films et 1,76 milliard de m<sup>2</sup> de papier. En 2003, dans le monde, les ventes d'appareils numériques (hors téléphones portables) ont dépassé celles des appareils traditionnels, argentiques (hors appareils jetables).

Argenture : en 2005, la fabrication a porté sur 2 042 t dont Inde : 610 t, Italie : 196 t, Chine : 162 t, Thaïlande : 140 t, Allemagne : 93 t.

Bijouterie : en 2005, leur fabrication a utilisé 5 345 t dans le monde dont 1 444 t dans l'Union européenne. Thaïlande : 1 005 t, Italie : 980 t, Inde : 560 t, Chine : 540 t, Mexique : 434 t. La consommation a été : Etats-Unis : 1 670 t, Inde : 457 t, Allemagne : 373 t, Italie : 295, Mexique : 283 t.

Contacts électriques : l'argent utilisé dans ce domaine est le plus souvent mélangé à de l'oxyde de cadmium CdO ou, de plus en plus, de l'oxyde d'étain SnO<sub>2</sub> afin d'absorber l'énergie de l'arc électrique et diminuer les forces de soudure des contacts. Le mélange est préparé soit par oxydation interne (par diffusion de O<sub>2</sub>) dans un alliage Ag-Cd, soit par métallurgie des poudres, soit par réduction et coprécipitation à partir d'une solution.

Les écrans plasma de plus de 42 pouces contiennent plus de 30 g d'argent. Plus de 90 % des cellules photovoltaïques renferment de l'argent sous forme d'une couche mince permettant d'extraire le courant de la cellule. La consommation mondiale dans ce dernier secteur a été, en 2011, de 1 820 t, représentant 15 % du coût de revient des panneaux photovoltaïques.

Utilisations diverses :

- Catalyseur, sous forme d'oxyde d'argent, pour la production de formaldéhyde et d'oxyde d'éthylène. La consommation mondiale est, dans ce secteur, de plus de 700 t/an.
- Bactéricide et algicide, l'argent est employé dans la purification de l'eau. Son action bactéricide est telle que les solutions contenant des ions Ag<sup>+</sup> ne doivent pas être rejetées dans les circuits d'eaux usées car leur présence empêche le fonctionnement des stations d'épuration. On assiste au développement de l'utilisation de pansements imprégnés aux sels d'argent.
- Batteries à l'oxyde d'argent.
- Elaboration de miroirs : bien que des miroirs soient fabriqués par dépôt sous vide en phase vapeur de divers métaux (Al...), le principe de leur fabrication repose toujours sur le procédé traditionnel utilisé depuis la moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle. En solution aqueuse de nitrate d'argent, les ions Ag<sup>+</sup>, complexés par l'ammoniac, sont réduits par du formaldéhyde, de l'hydrazine, du glucose ou du

tartrate double de sodium et de potassium (sel de Rochelle). Le procédé a été amélioré en pulvérisant sur la surface du miroir une solution de chlorure d'étain qui après rinçage et séchage laisse, adsorbés, à la surface du verre des ions  $\text{Sn}^{2+}$  qui ont pour fonction d'initier la réduction des ions  $\text{Ag}^+$  en de nombreux points afin de créer un grand nombre de germes de cristallisation de l'argent qui ainsi pourra former une couche continue exempte de défauts. Enfin une fine couche de cuivre est déposée selon le même procédé de réduction d'une solution de sel de cuivre. Le cuivre joue le rôle d'anode sacrificielle afin de protéger l'argent de la corrosion.

- Amalgames dentaires : ils sont obtenus par trituration (mélange) à froid d'une poudre (par exemple : Ag : 70 %, [Sn](#) : 25 %, [Cu](#) : 4 %, [Zn](#) : 1 %) avec du mercure (voir le chapitre [mercure](#)).

- En Inde, l'argent est considéré comme étant aphrodisiaque et bon pour la santé. Il est souvent incorporé sous forme de fines feuilles d'argent dans des sandwiches et bonbons ou le tabac. En moyenne, la consommation, dans ce secteur, est de 30 mg d'Ag/indien/an.