

## ARGENT 2015

### 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. Dans ses minerais, l'argent est souvent associé, dans des sulfures, au [cuivre](#), au [plomb](#), au [zinc](#) ainsi que parfois au [bismuth](#) et à l'[antimoine](#). Il accompagne toujours l'[or](#) dans ses gisements.

En 2015, 34 % de la production minière mondiale d'argent provient de mines de plomb-zinc, 22 % de mines de cuivre et 13 % de mines d'or. 30 % seulement de la production provient de mines extrayant principalement l'argent.

Par exemple, en 2015, [Codelco](#) (Chili), premier producteur mondial de cuivre, avec 1,891 million de t, a produit également comme co-produit de l'exploitation du cuivre, 27 683 t de molybdène, 663 t d'argent et 2,5 t d'or.

### Exemples de gisements :

- [Peñasquito](#), dans l'état de Zacatecas, au Mexique, propriété de la société [Goldcorp](#). La production est, en 2015, de 177 293 t de zinc, 79 298 t de plomb, 786,4 t d'argent et 25,9 t d'or. La production a débuté en 2010 avec une durée de vie de 22 ans. Fin 2015, les réserves prouvées et probables sont estimées à 586 millions de t de minerai contenant 0,69 % de Zn, 0,29 % de Pb, 30,04 g/t de Ag, 0,52 g/t de Au.

- La mine de [Mac Arthur River](#), dans les Territoires du Nord, en Australie, exploitée par [Glencore](#) a produit en 2015, 272 700 t de Zn, 53 000 t de Pb et 53,6 t de Ag. Les réserves prouvées et probables sont estimées, fin 2015, à 102 millions de t de minerai contenant 10,0 % de Zn, 4,8 % de Pb et 49 g/t de Ag. Son exploitation pourrait se poursuivre durant 25 ans.

**PRODUCTIONS MINIERES** : en 2015, en t. Monde : 27 579 t, Union européenne (principalement en Pologne et en Suède) : 1 963 t.

Mexique	5 894	Chili	1 505
Pérou	4 227	Bolivie	1 306
Chine	3 393	Pologne	1 291
Russie	1 571	États-Unis	1 101
Australie	1 565	Argentine	1 079

Source : The Silver Institute

Au total, jusqu'en 2015, il a été extrait du sol, dans le monde, 1,55 million de t d'argent dont 59 % depuis 1940.

Principales mines d'argent exploitées : production de 2015, en t.

<a href="#">Dukat</a> (Russie)	694	<a href="#">Uchucchacua</a> (Pérou)	432
<a href="#">Cannington</a> (Australie)	690	<a href="#">Pirquitas</a> (Argentine)	320
<a href="#">Saucito</a> (Mexique)	684	<a href="#">Greens Creek</a> (Etats-Unis)	264
<a href="#">Escobal</a> (Guatemala)	635	<a href="#">San José</a> (Argentine)	208
<a href="#">Fresnillo</a> (Mexique)	485	<a href="#">Imiter</a> (Maroc)	208

Source : The Silver Institute

La mine souterraine, à 650 m de profondeur, de Cannington, dans le Queensland, en Australie, est exploitée par [South32](#) (ex [BHP-Billiton](#)). Le gisement, découvert en 1990, a commencé à produire des concentrés de plomb et de zinc en 1997. Au 30 juin 2016, les réserves prouvées et probables sont de 21 millions de t de minerai contenant 5,76 % de Pb, 3,69 % de Zn et 206 g/t de Ag. Le minerai (3,3 millions 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 2015-16, la production a été de 173 200 t de plomb, 79 000 t de zinc et 665 t d'argent. La durée de vie de la mine est estimée, au 30 juin 2016, à 6,5 ans.

La mine souterraine de [Saucito](#), exploitée par le groupe mexicain [Fresnillo](#), a traité, en 2015, 2,3 millions de t de minerai et a produit 21 023 t de zinc, 20 740 t de plomb, 684 t d'argent et 2,6 t d'or. L'exploitation de cette mine a débuté en 2011. Les réserves prouvées et probables sont, fin 2015, de 13 millions de t contenant 2,96 % de Zn, 1,49 % de Pb, 313 g/t de Ag et 1,75 g/t d'or.

La mine souterraine de [Fresnillo](#), exploitée par le groupe mexicain [Fresnillo](#), a traité, en 2015, 2,4 millions de t de minerai et a produit 19 029 t de zinc, 16 248 t de plomb, 486 t d'argent et 1 t d'or. L'exploitation de cette mine se poursuit depuis 1554. Les réserves prouvées et probables sont, fin 2015, de 21,17 millions de t contenant 3,53 % de Zn, 1,75 % de Pb, 296 g/t de Ag et 0,77 g/t d'or.

**Réserves minières** : en 2015, en milliers de t de Ag contenu. Monde : 570.

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

Source : USGS

**Producteurs** : en 2015, en tonnes.

<a href="#">Fresnillo Plc</a> (Mexique)	1 337	<a href="#">Pan American Silver</a> (Canada)	812
<a href="#">KGHM Polska Miedz</a> (Pologne)	1 294	<a href="#">Volcan Compañia Minera</a> (Pérou)	771
<a href="#">Goldcorp</a> (Canada)	1 257	<a href="#">Buenaventura</a> (Pérou)	694
<a href="#">Glencore</a> (Suisse)	1 138	<a href="#">South32</a> (Australie)	690
<a href="#">Polymetal</a> (Russie)	998	<a href="#">Codelco</a> (Chili)	663

Source : The Silver Institute

[Fresnilton PLC](#), contrôlée par le [groupe Peñoles](#), exploite, au Mexique, des mines d'argent (Fresnillo et Saucito) et d'or (Ciénega, Herradura et Noche Buena). En 2015, la mine souterraine d'or de Ciénega a produit 5 970 t de zinc, 5 425 t de plomb, 150 t d'argent et 2,7 t d'or. Celles, à ciel ouvert, de Herradura, 16,4 t d'argent et 12,4 t d'or et de Noche Buena, 2,3 t d'argent et 4,9 t d'or.

[KGHM](#) exploite 3 mines souterraines dans le sud-ouest de la Pologne, à Lubin, Polkowice-Sieroszowice et Rudna. En 2015, extraction de 33,2 millions de t de minerai contenant 1,52 % de Cu et 44,6 g/t de Ag et production de 574 000 t de cuivre, 29 000 t de plomb, 1 203 t d'argent, 2,7 t d'or, 87 t de tellure, 8,9 t de rhénium, 137 kg de palladium et platine. 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. KGHM exploite également des mines au Canada, aux Etats-Unis et au Chili avec, en 2015, une production de 143 937 t de cuivre, 4 205 t de molybdène, 2 210 t de nickel, 3,7 t d'or, platine et palladium.

## **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 le zinc 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 2015, à 4 544 t, soit 12,5 % de la consommation mondiale. Production recyclée par pays, en tonnes :

Etats-Unis	1 098	Italie	212
Japon	541	Royaume Uni	180
Chine	501	France	152
Allemagne	463	Corée du Sud	128
Russie	311	Taïwan	84

Source : The Silver Institute

### **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 :**

- Fin 2015, les stocks gouvernementaux sont estimés à 2 551 t, ceux des bourses d'échanges ([COMEX](#) à New York, [TOCOM](#) à Tokyo, [SHFE](#) à Shanghai) à 5 598 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.

### **SITUATION FRANÇAISE :** en 2015.

La production minière est nulle depuis l'arrêt de l'exploitation des mines d'or du Bourneix (87) en 2002 et de Salsigne (11) en 2004.

Le recyclage a porté sur 152 t.

### **Commerce extérieur :**

#### **Minerai :**

- Importations : 17 t d'Allemagne à 82 %.
- Exportations : 50 t vers les Pays Bas à 52 %, l'Allemagne à 44 %.

### Argent colloïdal :

- Importations : 21 t, d'Allemagne à 86 %, du Royaume Uni à 14 %.
- Exportations : 43 t vers la Pologne à 84 %, le Mexique à 9 %.

### Nitrate d'argent :

- Importations : 112 t de Belgique à 63 %, du Royaume Uni à 30 %, .
- Exportations : 37 t vers l'Allemagne à 51 %, l'Italie à 14 %.

### Argent en poudre et semi-produit :

- Importations : 619 t d'Allemagne à 35 %, de Suisse à 26 %, d'Italie à 12 %, des Etats-Unis à 10 %.
- Exportations : 265 t vers l'Allemagne à 21 %, l'Italie à 15 %, l'Espagne à 14 %, le Royaume Uni à 9 %.

## **UTILISATIONS :**

**Consommations** : en 2015, dans le monde : 36 407 t, dont 8 100 t aux Etats-Unis.

**Secteurs d'utilisation** : en 2015, dans le monde.

Industrie	50,3 %	Pièces et lingots	25,0 %
Bijouterie	19,4 %	Argenterie	5,4 %

Source : The Silver Institute

La consommation industrielle, hors photographie, concerne à 41,9 %, l'électricité et l'électronique, à 13,2 % le photovoltaïque, à 10,4 % la brasure, à 7,9 % la photographie. Par exemple, l'industrie automobile consomme plus de 1 120 t/an.

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 2015, de 2 414 t, représentant 15 % du coût de revient des panneaux photovoltaïques.

- Catalyseur, sous forme d'oxyde d'argent, pour la production d'oxyde d'éthylène et de formaldéhyde. La consommation mondiale destinée à la production d'oxyde d'éthylène est, en 2015, de 317 t (dont 209 t en Chine), avec un total de 5 048 t immobilisées dans les unités de production d'oxyde d'éthylène.

Photographie et radiographie : 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).

### Utilisations diverses :

- Bactéricide et algicide, l'argent est employé dans la [purification de l'eau](#). Son action bactéricide est telle que les solutions contenant des ions  $\text{Ag}^+$  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.
- Élaboration 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  $\text{Ag}^+$ , 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.