

TRAITEMENT DU MINÉRAI D'OR

Pierre-Christian GUIOLLARD

Aux mines de Salsigne et Villanière, la pyrométallurgie fut employée pour le traitement dès le début de l'exploitation. (l'or est libre mais étroitement lié aux sulfures). Cette méthode consistait à concentrer par flottation les sulfures et l'or après broyage du minerai, puis à agglomérer ce concentré pour ensuite le fondre dans un four "waterjacket" pour obtenir des mattes (sulfures de fer contenant tout le cuivre, l'or et l'argent) vendues pour l'or contenu. Le soufre, l'arsenic et le bismuth étaient récupérés et vendus. Cette méthode fut temporairement abandonnée au profit de la cyanuration de 1939 à 1934 puis reprise jusqu'en 1991.

Lors de la relance de l'exploitation en 1994 il fut décidé, pour des raisons écologiques et économiques, d'abandonner la pyrométallurgie au profit de la cyanuration en cuves.

Le traitement du minerai de la mine de Salsigne comprend sept grandes étapes, auxquelles il convient d'ajouter le traitement des rejets en dernier lieu :

- le concassage
- le broyage
- la flottation
- la cyanuration
- l'éluion des charbons
- l'électrolyse
- la fusion.

LE CONCASSAGE

Le minerai subit deux concassages, le premier à la sortie de la mine afin de réduire sa granulométrie à moins de 200 mm. Il est ensuite transporté par camion jusqu'à l'usine de traitement pour être à nouveau concassé à moins de 10 mm.

LE BROYAGE

Il s'effectue dans un seul broyeur à boulets d'une capacité journalière de 1500 tonnes. Le minerai réduit à l'état de pulpe (granulométrie inférieure à 75 microns) peut être ensuite concentré par flottation.

LA FLOTTATION

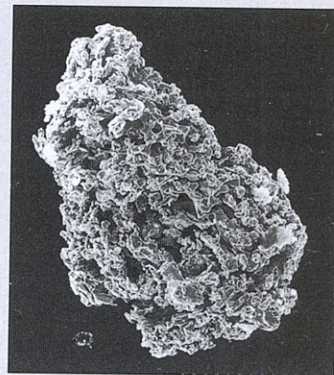
Pour diminuer au maximum les coûts et limiter les pertes d'or au traitement, la flottation assure une concentration du minerai par élimination d'une partie des matériaux stériles (taillings) entraînant une augmentation de la teneur en or du minerai (concentrés).

Le principe de la flottation consiste à rendre hydrophobe le minerai (or et sulfures) et hydrophile la gangue siliceuse ou carbonatée stérile. Le minerai broyé est introduit dans une série de bacs (cellules de flottation) remplis d'eau, d'agents moussants et d'un agent collecteur. Ce dernier enrobe les particules d'or et de sulfures afin de les rendre hydrophobes et de leur permettre d'adhérer aux bulles d'air provoquées par une turbine placée au fond des cellules. Les bulles d'air jouent le rôle de bouées et remontent le minerai à la surface. La mousse chargée de minerai est récoltée par débordement tandis que la gangue stérile hydrophile tombe au fond des cellules.

On obtient alors deux produits :

- les concentrés riches en or (28 g/t environ),
- les taillings théoriquement stériles mais qui

L'or natif et l'électrum, exceptionnellement visibles à l'œil nu dans les "grès riches", sont fréquemment observés au microscope dans tous les types de minerai (présence dans 30% des lames et sections polies examinées). Leur granulométrie est semblable dans les différents minerais de Salsigne, la fréquence maximale correspond à des tailles de 2 à 4 µm ; 80% des plages mesurées ont des tailles inférieures à 9 µm et seul 1,4% sont supérieures à 30 µm avec un maximum observé de 148 µm.



Grain d'or spongiforme vu en électrons secondaires au MEB
Photo : G. Mazankiewicz

Les grains d'or et d'électrum se localisent dans les fissures et veinules à bismuth natif, bismuthinite, chalcopryrite, galène, sphalérite, sulfosels de Pb-Bi-Ag qui recoupent arsénopyrite et pyrite dans tous les types de minerai. A l'échelle de la fissure, les plages d'or ne sont jamais portées par le bismuth natif. L'or est rarement indépendant dans la gangue, à l'exception des "grès riches", où il s'associe aux minéraux de bismuth.

En première approximation tout l'or de Salsigne se trouve à l'état libre, principalement sous la forme microfissurale observée optiquement dans tous les types de minerai. L'or éventuellement "camouflé" dans les sulfures peut dépasser 7% du total de l'or contenu.

Le tour de l'or à Salsigne en quelques chiffres :

* quantité totale d'or extraite à ce jour des mines de Salsigne : ~ 120 t (ce qui représente plus de 10 Mt de minerai extraits).

* minerai "2X" :

- teneur économique : 5 g/t
- teneur moyenne : 8 g/t
- teneur record : ~ 450 g/t
- ressources actuelles : 3 650 000 t à 10 g/t

(Ces chiffres sont valables pour une teneur de coupure de 5 g/t et ne tiennent pas compte de la dilution ; ils sont estimés à partir des traçages existants et des sondages).

* minerai traditionnel :

- teneur économique : 3 g/t
- teneur moyenne : 6,5 g/t
- teneur record : ~ 3 000 g/t (dans les "grès riches" à biotite et grains grossiers de mispickel).
- ressources actuelles : 800 000 t à 6,4 g/t

* teneur en or du "doré" : 65% (+ 25% d'argent et 10% de cuivre).

* tonnage d'or coulé de juillet 1996 à juin 1997 : 2,645 t (+ 1,8 t d'argent).

* prix de revient du lingot (1 kg) : 50000 F

* 6200 F < prix de vente du lingot < 65000 F

* part de Salsigne dans la production mondiale (≈ 2,600 t/an) : 1/1000

* Les mines d'or de Salsigne et du Bourneix (Limousin) placent la France au troisième rang des producteurs européens derrière la Suède (6,5 t/an) et l'Espagne (6 t/an).

contiennent toujours une petite quantité d'or (1,6 g/t environ).

LA CYANURATION

La solubilité de l'or dans les cyanures alcalins était connue depuis longtemps et fut mise en application dans la métallurgie de l'or à partir de 1886.

Les concentrés et les taillings issus de l'atelier de flottation subissent séparément une cyanuration sur deux lignes de traitement parallèles.

- **Attaque** : après rebroyage pour les concentrés et sans rebroyage pour les taillings, les produits sont introduits sous forme de pulpe dans une série de cuves (les réacteurs). Un système d'agitation (hélice) maintient la pulpe en suspension dans la solution de cyanure et assure un brassage de l'air favorable à l'attaque de l'or par le cyanure. La durée de l'attaque varie de 24 à 48 heures. ($4Au+8CN+O_2+2H_2O=4Au(CN)_2+4OH^-$)

- **Absorption par le charbon actif** : pour récupérer l'or mis en solution, le mélange cyanure aurifère et pulpe est mis en circulation dans une autre suite de cuves. La pulpe et le cyanure passent à travers une série de tamis remplis de charbon actif végétal (procédé CIP : "carbon in pulp"). Le charbon actif utilisé est obtenu à partir de noix de coco. En raison de sa très forte porosité le charbon actif a la propriété de fixer l'or contenu dans les solutions de cyanure. Un criblage final permet de séparer la pulpe stérile des charbons qui subiront une élution.

Après absorption par le charbon actif, le cyanure devenu stérile en or est régénéré et réintroduit dans le circuit de traitement.

ELUTION

Les charbons, chargés à une teneur de l'ordre de 2,5 à 2,8 kg/t, obtenus après traitement des concentrés et des taillings sont "rincés" (élution) dans de l'eau additionnée de soude (4 %) et de cyanure (6 %). Ces charbons ainsi déchargés sont réactivés et réintroduits dans le circuit de traitement tandis que les "jus" riches en or et en argent seront traités par électrolyse.

ELECTROLYSE

Les solutions éluantes aurifères sont acheminées vers les cuves à électrolyse où l'or et l'argent en solution se déposent sur des cathodes en laine d'acier.

FUSION

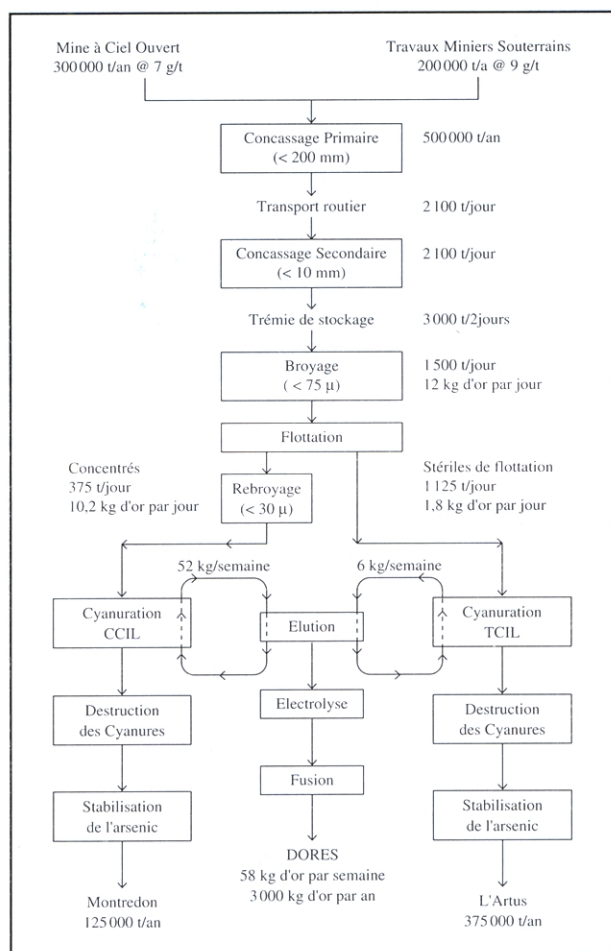
Les métaux précieux fixés sur les cathodes sont ensuite fondus en lingots de doré (mélange or/argent) dont la teneur moyenne est de 65 % d'or et 25 % d'argent (plus 10 % de cuivre et autres métaux).

La production hebdomadaire moyenne de l'atelier de fusion est de l'ordre de 58 kg pour une production nominale de 3000 kg d'or par an.

TRAITEMENT DES REJETS

Les rejets de l'usine font l'objet de traitements spéciaux avant d'être stockés. Ils contiennent de l'arsenic dû à la nature même du minerai (arsénopyrite) et des résidus de cyanure. L'arsenic est stabilisé et rendu insoluble tandis que les résidus cyanurés sont détruits (transformation du cyanure en azote, ammoniacque et gaz carbonique par oxydation ou en ferro-cyanure).

Les résidus solides riches en sulfures (concentrés) sont stockés sur des aires étanches et confinées. Quant aux taillings, inertes, ils sont épandus sur des aires de stockage qui seront revégétalisées en fin d'exploitation.



MINERAUX - FOSSILES
DECORATION - DIVERS
IMPORTATION DIRECTE
DE MADAGASCAR

A.M.I.

GRANDS CLASSIQUES ET
SYSTEMATIQUES
Arrivages réguliers, assurés par deux
géologues en prospection sur le terrain.

Afin de faciliter votre visite à Amboise, un accueil en hôtel (1 soir, 2 personnes) vous est offert pour tout achat supérieur à 5 000 FF. H.T. Nous travaillons aussi sur commande.

**VENTE EXCLUSIVE AUX PROFESSIONNELS,
ASSOCIATIONS ET MUSEES**

A.M.I. : 810, avenue de Chandon
37400 AMBOISE - FRANCE

Tél. (33) 02 47 23 16 33

Fax (33) 02 47 57 64 71