

INGÉNIERIE DES PROCÉDÉS MINIERS

Hydrométallurgie de l'Or

Procédés de Lixiviation et d'Adsorption : CIL (Carbon-In-Leach) & CIP (Carbon-In-Pulp)

Module 1 : Principes Fondamentaux

Chimie de la cyanuration de l'or et mécanismes de mise en solution

Chimie de la Cyanuration

Équation d'Elsner

La dissolution de l'or est une réaction d'oxydoréduction complexe en milieu alcalin :



L'or forme le complexe soluble dicyanoaurate $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$.

Paramètres Clés de Lixiviation

pH Alcalin (10.5 - 11.0) : Maintien indispensable du pH pour éviter le dégazage de HCN (acide cyanhydrique toxique).

Oxygène Dissous : Agent d'oxydation obligatoire pour faire passer l'or de l'état métallique au degré d'oxydation +I.

Concentration NaCN : Ajustée généralement entre 0.01% et 0.05% pour optimiser les coûts et le rendement.

Chaîne Globale de Traitement

Étapes Technologiques

1. **Comminution** : Concassage et broyage fin pour libérer les particules d'or de la gangue.
2. **Lixiviation** : Attaque par le cyanure de sodium en cuves agitées et aérées.
3. **Adsorption** : Fixation sélective de l'or sur charbon actif (CIP ou CIL).
4. **Désorption & Électrolyse** : Récupération métallique de l'or pur avant régénération.



Module 2 : Procédés CIP vs CIL

Comparaison technique, cinétique et critères d'orientation industrielle

Procédé CIP (Carbon-In-Pulp)



1. Lixiviation Préalable

La pulpe traverse d'abord plusieurs cuves de lixiviation sans charbon pour permettre la dissolution quasi-totale de l'or libre.



2. Adsorption Séparée

La pulpe lixiviée passe dans un circuit de cuves séparées contenant du charbon actif circulant à contre-courant.



3. Domaine Idéal

Procédé privilégié pour les minerais propres, non carbonés, offrant une cinétique de dissolution très rapide.

Procédé CIL (Carbon-In-Leach)



1. Opération Simultanée

La lixiviation au cyanure et l'adsorption sur charbon actif se déroulent simultanément dans les mêmes cuves.



2. Anti Preg-Robbing

Le charbon actif piège immédiatement l'or dissous avant qu'il ne soit ré-adsorbé par les matières carbonées organiques du minerai.



3. Économie CAPEX

Réduction du nombre total de réservoirs nécessaires, diminuant significativement l'investissement initial.

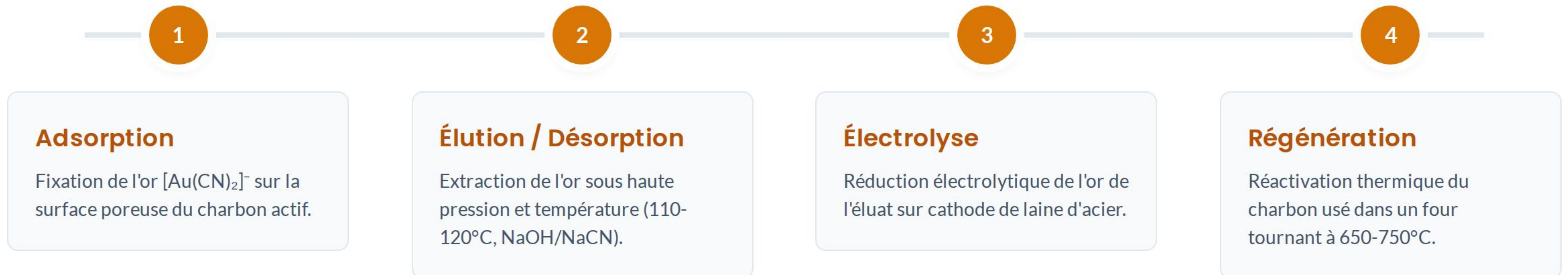
Comparatif Synthétique CIP vs CIL

Critère de comparaison	Procédé CIP (Carbon-in-Pulp)	Procédé CIL (Carbon-in-Leach)
Type de minerai	Minerais propres, oxydés, à gangue de quartz	Minerais carbonés ou réfractaires (preg-robbing)
Séquence opératoire	Lixiviation puis adsorption séparée	Lixiviation et adsorption simultanées
Volumétrie usine (CAPEX)	Élevée (grand nombre de réservoirs)	Réduite (empreinte au sol optimisée)
Usure du charbon	Faible usure mécanique	Usure légèrement supérieure due à l'agitation longue

Module 3 : Élution & Métallurgie Finale

Régénération du charbon, électro-obtention et coulation des lingots d'or

Cycle de Vie du Charbon Actif



Fusion et Produit Final

Dépôt Cathodique : L'or déposé sur les cathodiques de laine d'acier sous forme de boues dorées est lavé et séché.

Pyrométallurgie : Les boues sont mélangées à des fondants (borax, silice, carbonate de sodium) puis fondues au four de fusion à 1100°C.

Lingot Doré : Moulage des lingots bruts d'or (teneur typique 85-95% Au) expédiés ensuite en affinerie.



Merci de votre attention !

Avez-vous des questions sur les procédés CIL & CIP ?

Cours d'Hydrométallurgie – Option Métallurgie & Traitement des Minerais

Image Sources



<https://www.metso.com/contentassets/665cead423bc4048a4127b88bd3109cd/cil-and-cip-plant-unit-forscreenusedpi150-1.jpg?width=700&height=700&bgcolor=white&mode=Max&quality=90>

Source: www.metso.com



https://cdn.lbma.org.uk/items/lbma-wonders-of-gold_dore-pour-samc.jpg

Source: www.lbma.org.uk