

COURS DE MINÉRALURGIE

# **Concentration des Minerais Gravimétrie & Flottation**

**Procédés de Séparation Physique et Physico-Chimique**

Une analyse approfondie des mécanismes d'enrichissement minéral, des critères de séparabilité et des technologies industrielles clés.

## PARTIE I

# La Concentration Gravimétrique

---

Séparation physique fondée sur la différence de masse volumique des minéraux dans un milieu fluide.

# Principes de la Gravimétrie



## Critère de Taggart

Évalue l'applicabilité théorique de la séparation gravimétrique :

$$C = \frac{\rho_{\text{lourde}} - \rho_{\text{fluide}}}{\rho_{\text{légère}} - \rho_{\text{fluide}}}$$

Si  $C > 2.5$  : séparation très aisée.



## Sédimentation Dégagée

Repose sur les différences de vitesse terminale de chute des particules (régimes de Stokes ou de Newton) selon leur masse volumique et leur taille.



## Film Pelliculaire

Sépare les particules entraînées par un film d'eau en écoulement laminaire sur un plan incliné, combinant frottement et poussée hydrodynamique.

# Équipements Gravimétriques

## Tables Vibrantes

Offrent une haute précision pour les particules fines (0,07 à 2 mm) grâce à la combinaison de secousses mécaniques et d'un film d'eau transversal.

## Goulottes Spirales

Exploitent la force centrifuge et la gravité dans un écoulement hélicoïdal pour séparer le minerai lourd (au centre) du stérile (en périphérie).

## Concentrateurs Centrifuges

Génèrent un champ centrifuge élevé (jusqu'à 60-100 G) permettant la récupération efficace des particules ultrafines ou de l'or libre.



# Domaines d'Application des Équipements

| Équipement              | Granulométrie    | Capacité (t/h) | Application Principale                        |
|-------------------------|------------------|----------------|-----------------------------------------------|
| Jig (Gabarit)           | 0,5 mm à 25 mm   | 10 – 150       | Pré-concentration, charbon, fer, or grossier  |
| Goulotte Spirale        | 0,03 mm à 0,6 mm | 1,5 – 5,0      | Sables titanifères, chromite, fer, ilménite   |
| Table Vibrante          | 0,07 mm à 2,0 mm | 0,5 – 2,0      | Finition de précision, étain, tungstène, or   |
| Centrifugeuse (Knelson) | 0,01 mm à 1,0 mm | 10 – 100       | Or libre très fin, métaux précieux, tantalite |

## PARTIE II

# La Flottation Moussante



Procédé physico-chimique fondé sur les différences d'hydrophobicité de surface des minéraux.

# Physico-Chimie de la Flottation

✓ **Mouilleabilité & Surface** : Les minéraux hydrophiles restent dans la pulpe aqueuse, tandis que les minéraux hydrophobes se fixent aux bulles d'air.

✓ **Angle de Contact (  $\theta$  )** : Régi par la relation de Young-Dupré :

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cdot \cos ( \theta )$$

✓ **Collecte des Minéraux** : La collision particule-bulle mène à un agrégat stable qui remonte former une écume minéralisée en surface.

 Cellule de flottation moussante

# Réactifs Chimiques de Flottation

---



## Collecteurs

Molécules amphiphiles (ex. Xanthates, Dithiophosphates) qui se fixent sélectivement sur le minéral utile pour le rendre hydrophobe.



## Moussants

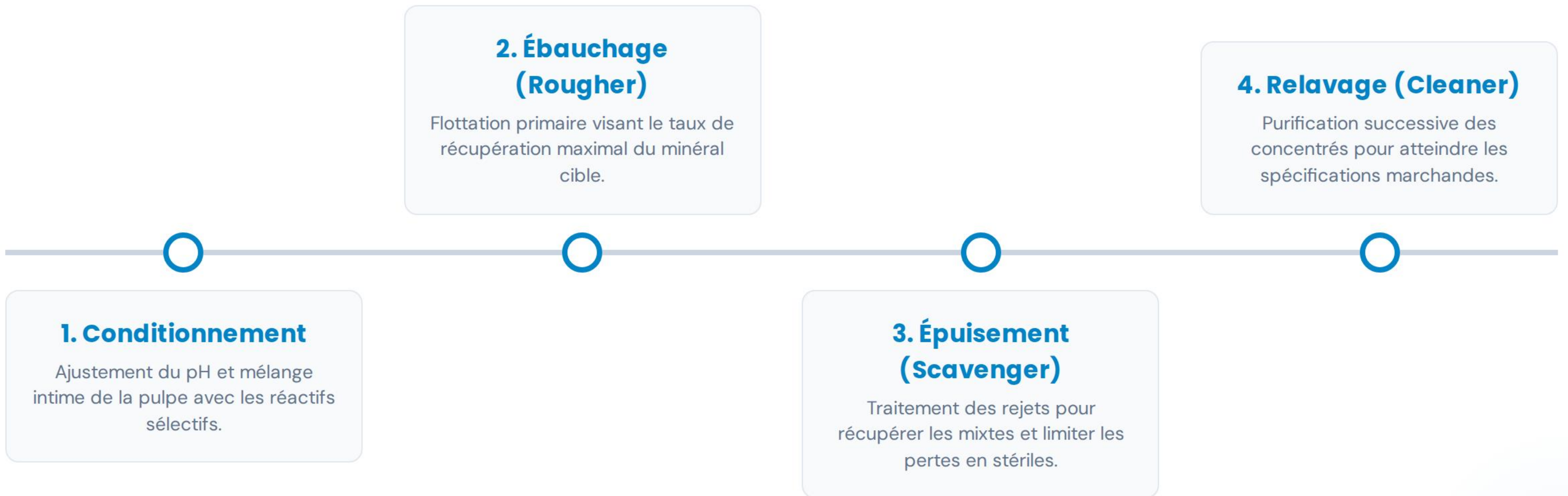
Surfactants (ex. MIBC, Huile de pin) réduisant la tension superficielle eau-air pour générer une mousse stable et contrôlée.



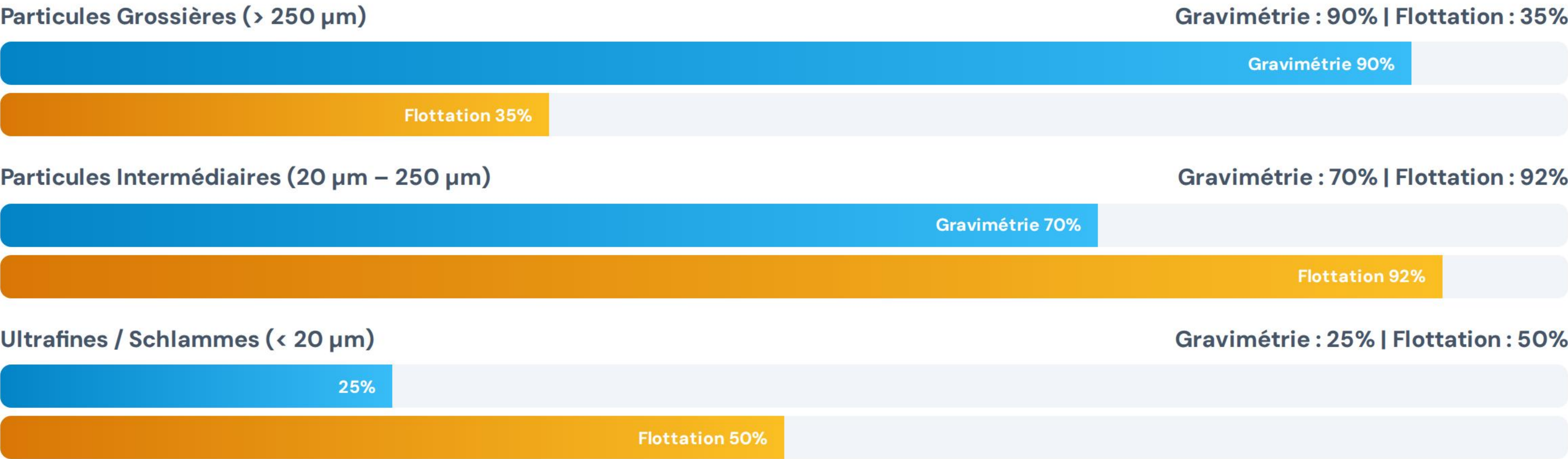
## Modificateurs

Activants (  $\text{CuSO}_4$  ), Déprimants (  $\text{NaCN}$  ) et Régulateurs de pH (  $\text{Ca(OH)}_2$  ) assurant la sélectivité.

# Circuit Type de Flottation



# Rendement selon la Granulométrie



**Conclusion Technique :** La gravimétrie prédomine sur les fractions grossières sans surbroyage. La flottation offre une sélectivité optimale sur les fractions fines.

# Critères de Choix & Complémentarité

---

## Atouts de la Gravimétrie

- ✓ Coûts opératoires réduits (aucun réactif chimique).
- ✓ Impact environnemental très faible (procédé vert).
- ✓ Idéal en pré-concentration pour éliminer rapidement la gangue sterile grossière.

## Atouts de la Flottation

- ✓ Haute sélectivité pour les minerais complexes (sulfures complexes Cu-Pb-Zn).
- ✓ Capacité de séparer des minéraux de masses volumiques très proches.
- ✓ Adaptée aux fractions fines libérées après broyage poussé.

# Questions & Échanges

Merci pour votre attention !



Cours de Génie Minier & Minéralurgie — Gravimétrie & Flottation

# Image Sources

---



<https://image.made-in-china.com/202f0j00cjEWGOQZEAuS/Fiberglass-Spiral-Concentrator-Mineral-Processing-Spiral-Separator-Gravity-Spiral-Chute-Separation-Plant.webp>

Source: [gelmachinery.en.made-in-china.com](https://gelmachinery.en.made-in-china.com)



[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Flotation\\_cell.jpg?utm\\_source=en.wikipedia.org&utm\\_campaign=index&utm\\_content=original](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Flotation_cell.jpg?utm_source=en.wikipedia.org&utm_campaign=index&utm_content=original)

Source: [en.wikipedia.org](https://en.wikipedia.org)