

LC11 - Du minerai au métal/Metallurgie

Lise Boutenègre & Raphaël Rullan

Elément imposé – Diagrammes d'Ellingham, Purification électrochimique, Fer, cuivre, nickel, or, aluminium, zinc, purification des métaux

Introduction Pédagogique

Niveau : L3(L2)

Pré-requis

- Notions d'électrochimie : potentiel standard, équation de Nernst, courbes i-E **L2**
- Principe de l'électrolyse/ d'électrolyseur, rendement faradique **L2**
- Couples rédox et écriture d'équations rédox **L1**
- Diagrammes potentiels pH **L1**.
- Thermodynamique chimique : enthalpie libre, diagrammes d'Ellingham **L2**

Difficultés

- Comprendre les échelles mises en jeu et les difficultés associées.
- Réactions complexes mettant en jeu différents équilibres.
- Vocabulaire et une terminologie nouvelle.

Applications

- **Activité documentaire :** Etude de l'extraction et du traitement du fer.
- **TP :** Lixiviation du cuivre/Beauxite.

Objectifs – Que les élèves comprennent les principes généraux de l'extraction et de la transformation de minerais à l'échelle industrielle. Débroussailler les différentes méthodes associées à cela.

Métallurgie, Philibert ; Extractive metallurgy of copper, Schlesinger, élémentarium, TI M2231 V1, TI M2235 V3

Introduction

Plein de points peuvent être abordés en intro :

- Nécessité des métaux dans la société
- Chiffres sur l'extraction minière (€ générés, tonnage)
- Problèmes de raréfaction
- Problèmes géopolitiques associés à l'inégale répartition des métaux sur Terre - terres rares en Chine, mines en Afrique, nickel en Nouvelle-Calédonie
- Problèmes environnementaux liés à l'extraction des minerais : boues rouges, Montagne d'or en Guyane etc ...
- Problèmes de recyclage des métaux.

Ce sont autant de points qui peuvent être abordés. Selon comment on veut l'aborder on peut en garder aussi en conclusion.

Remarque – Je choisis ici de m'intéresser tout particulièrement au cuivre (on pourrait en faire un autre)

1 Extraction du minerai de cuivre

1 Contexte géologique et généralité

Philibert p.219 + Schlesinger p.1 + p.13-30

Remarque – On décrit les oxydes sous lesquels on le trouve, où est-ce qu'on le trouve (on peut également noter dans quelles zones géologiques si on se sent chaud). On parle également de la production de où est-ce qu'on le trouve et quels sont les enjeux.

2 Extraction des minerais

Schlesinger p.3 + Philibert p.219. La vidéo de Martin serait super là.

Remarque – C'est assez difficile de ne parler que de cette étape, il faut rapidement passer à la suite. On mentionne les problématiques écologiques.

2 Obtention du métal cuivre

1 Pyrométallurgie

Philibert p. 220 + Diagramme d'Ellingham p.42 et chapitre 1 pour tout aspect thermodynamique.
+ TI M2231 V3

Remarque – Il peut tout à fait être intéressant de faire ici la thermo. On fera ensuite la partie plus électrochimique dans le 2.3 pour vraiment réutiliser les connaissances des élèves

2 Hydrométallurgie

Schlesinger p.281 + petite partie Philibert p.220 + TI M2231 V3

Remarque – Important de montrer les similitudes et différences avec la première méthode, voir ce qui est possible ou pas. On montre un diagramme E-pH

3 Purification

Schlesinger p.323 + p.349 (magnifique figure p.350) + Philibert p.223.

Remarque – Il peut être intéressant de discuter de la convergence vers une méthode électrochimique. On parle rendements faradiques etc, coûts ...

3 Recyclage du métal cuivre

Schlesinger p.373

4 Conclusion

On parle des trucs qu'on a pas mis dans l'introduction. On peut également proposer de faire une comparaison avec la chimie du Fer.

Remarque – Le seul point qui pourrait ne pas fonctionner est la transition entre 1 et 2. Sans écrire complètement il est possible qu'on ne puisse pas dissocier l'extraction du minerai.

Remarque – Pour le Fer, le Philibert est très bien fait et suffit probablement. Il vaut peut être le coup également de regarder le chapitre 1 du Philibert qui traite de la thermodynamique.

Remarque – La leçon métallurgie ressemble beaucoup à ce qu'on a déjà fait pour *Du minerai au métal*. On peut adapter un peu en parlant un peu moins du minerai en soit.

5 Notes from le soutien

La Chine et l'Australie sont des gros bassins miniers. Congo pour le cobalt. Tantale refroidissement des smartphones. Une usine d'extraction c'est 1 Md€.

Il y a deux procédés : un par voie sèche et l'autre par voie humide. Le fer a une position très particulières. En voie sèche il va aussi y avoir le cuivre, on implique un gaz. Par voie humide on passe par des ions. Le fer peut représenter entre 30 et 60% en teneur. Le cuivre 2% on est content. Il y a d'abord l'extraction. Il faut enrichir le minerai. On a une méthode de comminution (on broie pour avoir des rochers de taille calibrée). Il y a ensuite une étape de séparation (en utilisant la densité par exemple). Une autre méthode est la flottation par mousse. Les tensioactifs s'accrochent aux bons minéraux et ça fait flotter les cailloux.

<https://www.youtube.com/watch?v=xCXG97SS3yU>

Pour le fer : on utilise un réacteur à contre-courant. On remplit avec de l'hématite et de la coke. On introduit du dioxygène pour amorcer la combustion du carbone, on fait du CO qui est le vrai réducteur. Le fer descend et la teneur en CO monte. On récupère le laitier. On récupère de la fonte. D'un point de vue théorique c'est diagramme d'Ellingham.