

# HYDROMETALLURGIE

## OBJECTIF

Comprendre le principe de la séparation des ions par précipitation fractionnée en préparant l'hydroxyde d'aluminium à partir du minerai, la bauxite (procédé Bayer simplifié).

### Bauxite aux Baux-de-Provence

Par BlueBreezeWiki — Travail personnel, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=33454645>



## CONTEXTE

### Les minerais d'aluminium

L'oxyde d'aluminium (15 % de la masse de l'écorce terrestre) sert actuellement de matière première pour l'extraction de l'aluminium. Le minerai le plus exploité, la bauxite, en contient de 50 à 60 % en masse.

### Extraction industrielle de la l'alumine à partir de la bauxite, procédé Bayer

L'industrie utilise un procédé inventé en 1887 par Bayer. La bauxite est le minerai le plus utilisé pour obtenir de l'alumine. L'alumine contient l'élément aluminium sous forme d'oxyde hydraté  $Al_2O_3 \cdot n H_2O$  ( $n$  étant égal à 1, ou 3), également de la silice ( $SiO_2$ ), de l'oxyde de titane ( $TiO_2$ ) et de l'oxyde de fer(III),  $Fe_2O_3$ . Les bauxites pauvres en silice sont les plus intéressantes pour les procédés d'exploitation actuels. En effet on perd une partie de l'aluminium en éliminant la silice.

## Equilibre chimique : exemple et constante d'équilibre

Soit la réaction de précipitation modélisée par la l'équation suivante :  $Al^{3+} + 3 HO^- \rightleftharpoons Al(OH)_{3(s)}$

Le précipité et les ions en solution aqueuse constituent un équilibre chimique qui se traduit

mathématiquement par la relation 
$$K = \frac{1}{[Al^{3+}] \times [HO^-]^3} = 1,0 \times 10^{33}$$

$K$  est appelée constante d'équilibre (elle ne dépend que de la température).

Dans cette expression le précipité, supposé pur, compte pour la valeur 1 (numérateur de l'expression ci-dessus).

## A) Expériences préalables

*Travailler avec précaution, la manipulation de solutions basiques ou acides concentrées est dangereuse.*

<p><b>a) Hydroxyde d'aluminium :</b></p> <p>Dans un tube à essai placer 2 mL d'une solution de sulfate d'aluminium(III) (de concentration molaire 0,05 mol.L<sup>-1</sup>). Ajouter progressivement quelques gouttes d'une solution d'hydroxyde de sodium NaOH de concentration molaire 2,5 mol L<sup>-1</sup>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- schéma et observations</li>     <li>- équation de la réaction 1 (<math>K_1 = 1,0.10^{33}</math>)</li>     <li>- Calcul du pH à partir duquel le précipité apparaît :</li> </ul>
<p><b>b) Ions aluminate :</b></p> <p>Continuer peu à peu l'addition de la solution d'hydroxyde de sodium et agiter. Il se forme un ion complexe : l'aluminate <math>Al(OH)_4^-</math> (aq)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- schéma et observations</li>     <li>- équation de la réaction 2 (<math>K_2 = 1,0.10^2</math>)</li>     <li>- le précipité disparaît pour <math>pH &gt; 10,7</math> (dans les conditions de concentration de l'expérience)</li> </ul>
<p><b>c) Comparaison avec l'hydroxyde de fer(III)</b></p> <p>Dans un tube à essai placer 2 mL d'une solution de sulfate de fer(III) (de concentration molaire 0,05 mol.L<sup>-1</sup>). Ajouter progressivement quelques gouttes de la solution d'hydroxyde de sodium NaOH. Continuer l'addition comme au b).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- schéma et observations</li>     <li>- équation de la réaction 3 (<math>K_3 = 3,0.10^{38}</math>)</li>     <li>- le précipité apparaît à partir de <math>pH &gt;</math> (dans les conditions de concentration de l'expérience)</li> </ul>

**Sur un axe de pH indiquer les domaines de prédominance des espèces chimique concernées :**

\_\_\_\_\_ → pH

## B) Préparation de l'hydroxyde d'aluminium à partir de la bauxite

**Matériel et produits** 3 erlenmeyers de 100 mL ; entonnoirs et filtres en papier ; bain marie.

**Minéral concassé (ou minéral reconstitué)** contenant des sulfates de fer(III) et d'aluminium(III)

Solution de soude de concentration  $2,5 \text{ mol.L}^{-1}$  Acide chlorhydrique de concentration environ  $2,5 \text{ mol.L}^{-1}$

### Protocole

#### 1. Dissolution en milieu basique de l'alumine contenue dans le minéral

- Prélever une masse  $m_1$  (5 grammes environ) de minéral reconstitué. La placer dans un erlenmeyer. Ajouter 20 mL d'eau. Agiter. Ajouter dans l'erlenmeyer 20 mL de la solution de soude. Placer l'erlenmeyer dans un bain-marie à environ  $80^\circ\text{C}$  et chauffer tout en agitant. Observer et interpréter.

#### 2. Elimination des impuretés par décantation puis filtration

- Laisser reposer quelques instants le contenu de l'erlenmeyer puis transvaser délicatement dans un autre récipient de telle sorte que les dépôts solides ne soient pas entraînés.  
- Filtrer rapidement la solution encore chaude.

#### 3. Régénération de l'alumine

- Précipitation de l'hydroxyde d'aluminium (hydrargillite) : la précipitation est accélérée en plaçant le récipient dans la glace et en neutralisant le milieu à l'aide de quelques gouttes d'acide chlorhydrique (pH compris entre 4 et 9).

- Calcination de l'alumine : ne pas réaliser (récupération du précipité obtenu dans l'étape précédente puis chauffage intense).

### 1. Réaliser le protocole

APPEL



Appeler l'examineur pour lui présenter votre montage ou en cas de difficulté.

2. Interpréter les différentes étapes du protocole en utilisant les idées issues des expériences préalables.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---