

# EXTRACTION DE L'ALUMINE DE LA BAUXITE

**Objectifs:** connaître quelques unes des étapes de l'élaboration du métal aluminium à partir de la bauxite.

## I LA BAUXITE, L'ALUMINE ET LE METAL ALUMINIUM

### 1) La bauxite, le minerai à partir duquel on extrait l'alumine

- Les métaux ne se trouvent pas tous à l'état pur dans la nature. On les rencontre sous différentes formes et combinés à d'autres éléments dans les minerais. L'aluminium est l'élément métallique le plus abondant au sein de l'écorce terrestre (8 %). Il se présente sous forme oxydée dans les argiles, les schistes et la bauxite.
- La bauxite est composée de 40 à 60 % en masse d'oxydes d'aluminium hydratés: ( $\text{Al}_2\text{O}_3, n\text{H}_2\text{O}$ ). La bauxite renferme également de 10 à 20% d'oxyde de fer (III) hydraté, ( $\text{Fe}_2\text{O}_3, n\text{H}_2\text{O}$ ), qui donne sa couleur rouge au minerai, et des quantités variables de silice  $\text{SiO}_2$  (en général moins de 5 %).
- Le nom du minerai vient de l'exploitation d'un gisement, à partir de 1821, au village des Baux de Provence. Actuellement, les lieux principaux de production actuels se situent en Australie, Jamaïque, Guinée et Brésil.

### 2) Métallurgie de l'aluminium

- L'élaboration de l'aluminium, à partir de la bauxite, s'effectue en deux étapes distinctes.
- La première étape est l'extraction de l'alumine  $\text{Al}_2\text{O}_3$  des autres constituants du minerai. Industriellement, on utilise le procédé Bayer mis au point en 1887. La manipulation proposée dans ce TP illustre la méthode mise en oeuvre dans l'industrie.
- La seconde étape consiste à réaliser l'électrolyse de l'alumine en sel fondu qui donne le métal aluminium.

## II TESTS PRELIMINAIRES

### 1) Précipitation de l'hydroxyde d'aluminium

Expérience 1:

Ajouter goutte à goutte avec un compte gouttes la solution de NaOH à  $2,5 \text{ mol.L}^{-1}$  incolore

2 mL de ( $2 \text{ Al}^{3+} + 3 \text{ SO}_4^{2-}$ ) à  $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$

Continuer à ajouter la solution de NaOH à  $2,5 \text{ mol.L}^{-1}$  jusqu'à observer un changement

a) Noter les observations faites sur le schéma.

- Refaire la même expérience en mesurant le pH du mélange réactionnel à chaque changement.
- b) Noter la valeur du pH du mélange réactionnel à l'apparition du précipité et à sa disparition.
- c) Écrire l'équation de la réaction de précipitation de l'hydroxyde d'aluminium,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .
- d) En présence d'un excès d'ions  $\text{HO}^-$ , il se forme un ion complexe  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ . Écrire l'équation de la réaction.
- e) Sur un axe gradué en pH, positionner les deux valeurs de pH mesurées. Indiquer les domaines de prédominance des espèces  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  et  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ .

Expérience 2 :

Ajouter goutte à goutte avec un compte gouttes la solution de HCl à  $3,0 \text{ mol.L}^{-1}$  incolore

Tube précédent

Continuer à ajouter la solution de HCl à  $3,0 \text{ mol.L}^{-1}$  jusqu'à observer un changement

f) Noter les observations faites sur le schéma

g) Interpréter les réactions observées lors de l'ajout progressif de la solution d'acide chlorhydrique.

h) Écrire les équations de ces réactions.

## 2) Précipitation de l'hydroxyde de fer (III)

### Expérience 1

Ajouter goutte à goutte avec un compte goutte la solution de NaOH à 2,5 mol.L<sup>-1</sup> incolore

2 mL de (2 Fe<sup>3+</sup> + 3 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) à 0,05 mol.L<sup>-1</sup> orange

Continuer à ajouter la solution de NaOH à 2,5 mol.L<sup>-1</sup>

Noter le pH =

a) Noter les observations faites sur les schémas.

b) Écrire l'équation de la réaction de la précipitation de Fe(OH)<sub>3</sub>.

c) Ajouter sur l'axe graduée en pH précédent, la valeur du pH et les domaines de prédominance des espèces Fe<sup>3+</sup> et Fe(OH)<sub>3</sub>.

### Expérience 2

Ajouter goutte à goutte avec un compte gouttes la solution de HCl 3,0 mol.L<sup>-1</sup>

Tube précédent

Noter le pH =

d) Noter les observations faites sur le schéma.

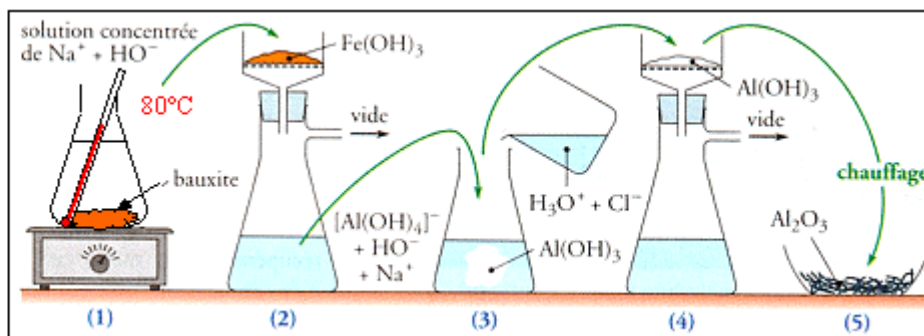
e) Justifier la réaction observée lors de l'ajout de la solution d'acide chlorhydrique. Ecrire son équation.

## III SEPARATION DES ELEMENTS ALUMINIUM ET FER PRESENTS DANS LA BAUXITE

- Nous admettrons pour simplifier que la bauxite contient les espèces Al(OH)<sub>3</sub> et Fe(OH)<sub>3</sub>.
- À partir des résultats des tests préliminaires réalisés ci-dessus, on propose le protocole opératoire suivant permettant la séparation de ces deux éléments.



Broyage de la bauxite



- Broyer finement environ 10 g de bauxite dans un mortier avec un pilon. Placer la poudre de bauxite obtenue dans un erlenmeyer.
- En prenant les précautions nécessaires, ajouter environ 30 mL de solution de soude à 2,5 mol.L<sup>-1</sup>.
- En utilisant un agitateur magnétique chauffant, chauffer le mélange réactionnel à environ 80°C pendant 20 minutes. Une partie du solide broyé seulement se dissout. L'attaque d'un minerai par une solution acide ou basique est appelée *lixiviation*.
- Laisser refroidir et décantier sans agiter, de façon à obtenir une solution limpide.

• Filtrer sur un Büchner, avec 2 couches de papier filtre, en versant la solution sur un agitateur en verre au centre du dispositif.

1) Pour quelle raison a-t-on intérêt à broyer la bauxite ?

2) Noter la valeur du pH du mélange réactionnel, la couleur du solide restant sur le filtre et la couleur du filtrat.

3) Écrire l'équation qui se produit lors de la lixiviation du minerai de bauxite par la solution de soude.

4) Que contient le filtrat ? Que contient le solide restant sur le filtre ?

• Verser le filtrat dans un bécher de 150 mL.

• Préparer une plaque d'essai avec des bouts de papier pH de 1 cm maximum.

• En prenant les précautions nécessaires, ajouter progressivement au filtrat, avec un compte goutte, une solution d'acide chlorhydrique à  $3 \text{ mol.L}^{-1}$  jusqu'à apparition persistante du précipité d'hydroxyde d'aluminium.

• Ajouter alors la solution d'acide **goutte après goutte**: agiter avec l'agitateur en verre puis mesurer le pH du mélange réactionnel. Arrêter l'addition d'acide lorsque le pH est voisin de 6.

• Filtrer le précipité formé sur filtration Büchner.

• Récupérer le précipité sur un verre de montre ou une boîte de pétri

5) Quelle réaction a lieu lors de l'ajout de la solution d'acide chlorhydrique ? Écrire son équation.

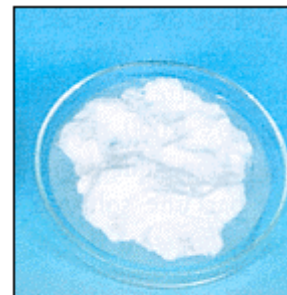
6) Pourquoi faut-il s'arrêter à  $\text{pH} = 6$  ? Justifier avec l'axe gradué en pH.

• Sécher le précipité à l'étuve à  $80^\circ\text{C}$ .

• Mesurer sa masse.

7) Écrire l'équation de la réaction qui se produit dans l'étuve.

• Noter la masse l'alumine obtenue.



$\text{Al}_2\text{O}_3$