

Résolution de problème 3 - CORRECTION

Du minerai de bauxite à l'alumine

mots clés : Elaboration

A. Enoncé du problème

L'oxyde de fer (III) ou hématite, $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$, ne réagit pas avec l'hydroxyde de sodium, $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$, alors que l'oxyde d'aluminium (III) ou alumine, $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$, réagit avec l'hydroxyde de sodium pour donner le tétrahydroxoaluminat de sodium, $\text{Na}^+(\text{aq}) + [\text{Al}(\text{OH})_4]^{-}(\text{aq})$.

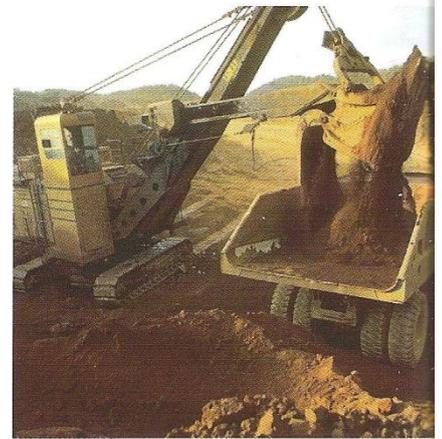
Une solution de tétrahydroxoaluminat de sodium traitée par une solution concentrée d'acide chlorhydrique, $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$, donne un précipité blanc d'hydroxyde d'aluminium $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$.

Une fois isolé, ce précipité peut être déshydraté par chauffage. On obtient alors de l'alumine pure.

Dans l'industrie, l'alumine est fondue, puis électrolysée pour donner le métal aluminium.

La bauxite est le minerai naturel d'aluminium. Le minerai de bauxite considéré renferme en masse 58,3 % d'alumine, $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$, 20,1 % d'oxyde de fer (III), Fe_2O_3 , et 21,6 % d'impuretés, principalement de la silice, SiO_2 .

Les impuretés présentes dans cette bauxite ne réagissent pas avec l'hydroxyde de sodium.



Chargement de bauxite extrait d'une mine.

Problème

Proposer un protocole décrivant les diverses étapes de l'extraction de l'alumine contenue dans cette bauxite. On écrira les équations de toutes les réactions envisagées et on déterminera la masse minimale d'hydroxyde de sodium solide, $\text{NaOH}(\text{s})$, nécessaire à l'extraction de l'alumine présente dans une masse $m = 1,00 \times 10^3$ kg de bauxite.

1. On veut isoler l'alumine présente dans le minerai de bauxite qui est un mélange. Afin de séparer l'alumine de l'hydroxyde de fer (III) et des impuretés on utilise la solubilité différente des espèces chimiques en fonction du pH.

L'alumine est soluble en milieu basique car elle se transforme en ion tétrahydroxoaluminat de sodium $[\text{Al}(\text{OH})_4]^{-}$, en revanche l'hydroxyde de fer (III) n'est pas soluble en milieu basique car le précipité $\text{Fe}(\text{OH})_3$ se forme à $\text{pH} = 2$.

Nous utilisons cette propriété pour solubiliser l'alumine dans une solution concentrée d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) et la séparer de l'hydroxyde de fer (III) et des impuretés qui ne réagissent pas avec la soude. On réalise une filtration. Les impuretés et l'hydroxyde de fer (III) restent dans le filtre.

Ensuite on acidifie le filtrat contenant les ions $[\text{Al}(\text{OH})_4]^{-}$ qui précipitent en donnant de l'hydroxyde d'aluminium (III). On récupère ce solide blanc par une nouvelle filtration.



L'équation (A) nous montre que $2 \times n(\text{Al}_2\text{O}_3) = n(\text{HO}^-)$

Calculons la quantité de matière d'alumine contenue dans $m = 1,00 \times 10^3$ kg de bauxite.

$$\text{On a } m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 58,3 / 100 \times 1,00 \times 10^3 = 5,83 \times 10^5 \text{ g}$$

$$\text{Avec } M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 3 \times M(\text{O}) + 2 \times M(\text{Al}) = 102 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{On a } n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 5,72 \times 10^3 \text{ mol}$$

On a donc $n(\text{HO}^-) = 2 \times n(\text{Al}_2\text{O}_3)$ soit $n(\text{HO}^-) = 1,14 \times 10^4 \text{ mol}$

Avec $M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g.mol}^{-1}$ on a la masse de soude à utiliser pour extraire l'alumine de $1,00 \times 10^3 \text{ kg}$ de bauxite

$$m(\text{NaOH}) = 4,57 \times 10^5 \text{ g} = 4,57 \times 10^2 \text{ kg}$$