

## Une étape de l'élaboration de l'aluminium

**Mots-clefs :** Elaboration

**Contexte du sujet :**

Les métaux sont des ressources qui existent en quantités limitées sur terre. Ils servent de matière première dans l'industrie et l'accès aux nouveaux gisements est difficile. De ce fait, les métaux ont un enjeu économique majeur.

**D'où proviennent les métaux ? Comment les produit-on ?**

A l'aide des documents suivants et de la liste de matériel disponible :

**1. Proposer un protocole expérimental permettant de vérifier la solubilité des hydroxydes d'aluminium et de fer dans l'eau en fonction du pH. (Il s'agit de vérifier le diagramme de prédominance)**

Après validation par le professeur (**appel 1**), réaliser l'expérience, noter les observations et conclure (**appel 2**) (On pourra notamment écrire les équations qui ont eu lieu lors des réactions réalisées).

**2. Proposer un protocole expérimental permettant d'extraire l'alumine (hydroxyde d'aluminium  $Al(OH)_3$  sous forme hydratée) de la bauxite, première étape de l'élaboration de l'aluminium.**

Après validation par le professeur (**appel 3**), réaliser l'expérience, noter les observations et conclure. (**appel 4**)

Document 1 : Elaboration de l'aluminium.

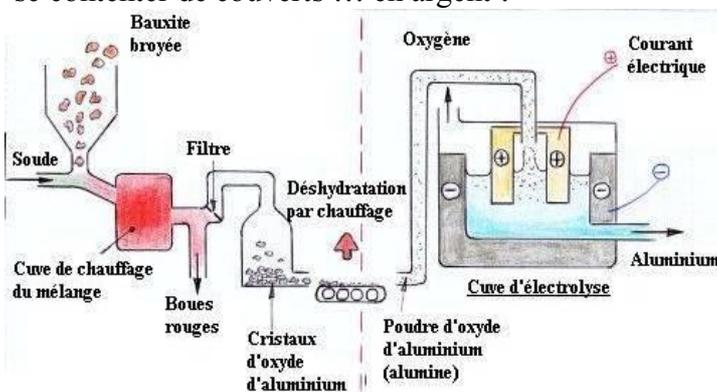
Les métaux, matières premières essentielles à de nombreuses industries, n'existent pas purs à l'état naturel mais généralement sous forme d'oxydes contenus dans les minerais. Ces minerais, sont composés de nombreuses espèces. La production d'un métal à partir du minerai est le résultat d'un processus chimique et industriel complexe afin de le mettre en forme et de le purifier.

L'élément aluminium est, en importance, le troisième élément de la croûte terrestre (proche de 8 %). Il y est présent essentiellement sous forme d'oxydes d'aluminium.



Usine australienne de production d'aluminium

L'industrie de l'aluminium date de la fin du Second Empire. C'est à cette époque, grâce à un procédé mis au point par le chimiste Henri Sainte Claire Deville que se crée, en 1860, à Salindres (Gard) la première unité au monde de fabrication de l'aluminium. L'aluminium devient alors un symbole du progrès industriel. Lors d'un banquet impérial, seul Napoléon III a droit d'utiliser des couverts en aluminium, les autres convives doivent se contenter de couverts ... en argent !



Depuis, l'utilisation de l'aluminium s'est diversifiée et démocratisée même si l'aluminium reste un métal plutôt cher à cause des quantités d'énergie qu'il met en œuvre pour son élaboration (utilisation de l'électrolyse).

Le minerai le plus utilisé pour produire l'aluminium est la bauxite (les premiers gisements furent découverts dans le village des Baux-de-Provence en 1831 par Pierre Berthier). A partir de la bauxite, on produit l'alumine ( $Al_2O_3$ ) dont l'électrolyse à l'état fondu permet d'obtenir l'aluminium.

La bauxite ne contient pas uniquement que de "l'aluminium" : elle est constituée de 40 à 60 % en masse d'alumine (forme hydratée  $Al(OH)_3$ ), de 10 à 20 % d'oxyde de fer III (forme hydratée  $Fe(OH)_3$ ) et aussi de la silice. La première étape de la production de l'aluminium consiste ainsi à séparer l'alumine des autres constituants du minerai.

**Document 2 : Influence de différents paramètres sur la dissolution d'un composé.**

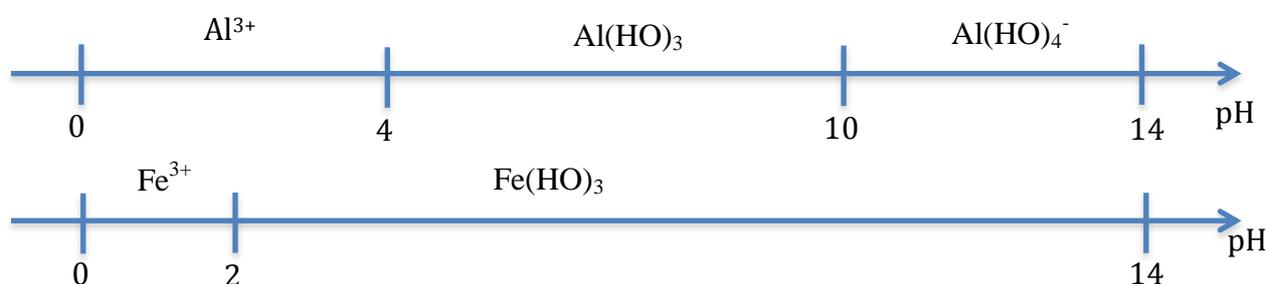
La dissolution d'un composé en solution aqueuse dépend de nombreux paramètres, comme par exemple de la température, la pression et le pH de la solution.

**Influence du pH :**

Un composé soluble dans l'eau peut par exemple se transformer en d'autres espèces non solubles lorsque l'un des paramètres évolue et ainsi quitter la solution en formant un précipité.

C'est le cas des espèces présentes dans la bauxite, les hydroxydes d'aluminium  $\text{Al}(\text{HO})_3$  et de fer III  $\text{Fe}(\text{HO})_3$ , (non solubles dans l'eau) qui peuvent se transformer respectivement en  $\text{Al}^{3+}$  et  $\text{Al}(\text{HO})_4^-$  et en  $\text{Fe}^{3+}$  (espèces solubles dans l'eau) lorsque la valeur du pH de la solution varie.

Les diagrammes de prédominances de ces deux espèces indiquent sous quelle forme existent les éléments aluminium et fer en solution en fonction de la valeur du pH :

**Influence de la température :**

La température est également un paramètre important influençant la dissolution d'un composé. Dans la plupart des cas, plus la température est élevée et plus la solubilité d'un composé est importante.

Ainsi, pour favoriser ou accélérer la dissolution de composés relativement peu solubles comme les minerais, on peut les chauffer en plus d'une bonne agitation.

A l'inverse, pour favoriser et accélérer la précipitation d'un composé non soluble dans l'eau, on peut refroidir le mélange à l'aide d'un bain de glace.

**Document 3 : Notion de pH.**

Le pH est une grandeur physique mesurable qui traduit l'acidité ou la basicité d'une solution.

La valeur du pH en solution aqueuse est comprise entre les valeurs 0 et 14. Le pH n'a pas d'unité.

De pH = 0 à pH = 7, la solution est dite acide. L'acidité est liée à la présence de l'ion oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  en solution, et plus on ajoute de l'acide à une solution, plus son pH diminue et plus la quantité d'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  y est importante.

De pH = 7 à pH = 14, la solution est dite basique. La basicité est liée à la présence de l'ion hydroxyde  $\text{HO}^-$  en solution, et plus on ajoute de base à une solution, plus son pH augmente et plus la quantité d'ion  $\text{HO}^-$  y est importante.

L'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ) est l'un des acides les plus courants. Il contient notamment l'ion oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

La soude ou hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ) est l'une des bases les plus courantes. Il contient notamment l'ion hydroxyde  $\text{HO}^-$ .

**Document 4** : Matériel :

Lunettes

Flacons avec solution de sulfate d'aluminium et de chlorure ou sulfate de fer (III)

Flacons de soude et acide chlorhydrique à environ 2 mol/L

Papier pH

Agitateur magnétique chauffant + barreau

 Tubes à essai sur portoir

3 erlenmeyers de 100 mL

Éprouvette graduée de 25 mL

Becher 25 mL (pour verser l'acide)

Potence de filtration double avec 2 entonnoirs moyens et filtres plissés

Agitateur de verre + spatule

Cuvette pour glaçons

Pissette d'eau distillée

1 ou 2 balances, coupelles de pesée, spatules,

Carrés papier filtre pour sécher1 assiette en carton par classe pour récupérer l'alumine extraite.**Document 4** : Matériel :

Lunettes

Flacons avec solution de sulfate d'aluminium et de chlorure ou sulfate de fer (III)

Flacons de soude et acide chlorhydrique à environ 2 mol/L

Papier pH

Agitateur magnétique chauffant + barreau

 Tubes à essai sur portoir

3 erlenmeyers de 100 mL

Éprouvette graduée de 25 mL

Becher 25 mL (pour verser l'acide)

Potence de filtration double avec 2 entonnoirs moyens et filtres plissés

Agitateur de verre + spatule

Cuvette pour glaçons

Pissette d'eau distillée

1 ou 2 balances, coupelles de pesée, spatules,

Carrés papier filtre pour sécher1 assiette en carton par classe pour récupérer l'alumine extraite.**Document 4** : Matériel :

Lunettes

Flacons avec solution de sulfate d'aluminium et de chlorure ou sulfate de fer (III)

Flacons de soude et acide chlorhydrique à environ 2 mol/L

Papier pH

Agitateur magnétique chauffant + barreau

 Tubes à essai sur portoir

3 erlenmeyers de 100 mL

Éprouvette graduée de 25 mL

Becher 25 mL (pour verser l'acide)

Potence de filtration double avec 2 entonnoirs moyens et filtres plissés

Agitateur de verre + spatule

Cuvette pour glaçons

Pissette d'eau distillée

1 ou 2 balances, coupelles de pesée, spatules,

Carrés papier filtre pour sécher1 assiette en carton par classe pour récupérer l'alumine extraite.

## Grille d'évaluation par compétences

Niveau A : J'y suis parvenu(e) sans aucune aide.

Niveau B : J'y suis parvenu(e) après avoir obtenu une aide (de mon binôme, d'un autre groupe, du professeur).

Niveau C : J'y suis parvenu(e) après plusieurs « coups de pouce ».

Niveau D : Je n'y suis pas parvenu(e) malgré toutes les aides et les coups de pouce fournis

Compétences évaluées	Micro-compétences - Attitudes		A	B	C	D
<b>S'approprier</b>	Identifier un problème	- Repérer et formuler le problème.				
<b>Analyser</b>	Adopter une démarche de résolution cohérente	- Formuler une ou plusieurs hypothèse(s). - Concevoir une expérience				
<b>Valider</b>	Proposer une solution. Faire preuve d'esprit critique	- Constater la cohérence ou la divergence des résultats avec l'hypothèse. - Interpréter les résultats. - Apprécier la cohérence d'un résultat (ordre de grandeur, unité, chiffres significatifs...)				
<b>Ré : Réaliser</b>	S'organiser	- Respecter les consignes (protocole, sécurité). - Gérer son temps.				
	Effectuer	- Effectuer une mesure correctement. - Mettre en œuvre un protocole donné dans le respect des règles de sécurité...				
<b>Mo : Mobiliser des connaissances</b>	Restituer ou réinvestir des connaissances disciplinaires	- Restituer des connaissances scientifiques (vocabulaire, symboles, définitions, lois, modèles...). - Ecrire le résultat d'une mesure (unité).				
<b>Co : Communiquer</b>	S'exprimer	- Rédiger des phrases complètes (orthographe et grammaire). - Utiliser les connecteurs logiques (je suppose que, je sais que, j'en déduis, je conclus...). - Rendre un travail propre. - S'exprimer à l'oral : prendre part à un dialogue, à un débat, prendre la parole en public.				
<b>Inf : S'informer</b>	S'informer	- Observer le résultat d'une expérience. - Extraire d'un document (textes, images, schémas, graphiques...) l'information utile.				
	Traiter l'information	- Comprendre et exploiter un énoncé.				
<b>Att : Attitude</b>	Autonomie	- Etre autonome, solliciter une aide au moment opportun. - Faire preuve d'initiative. - Participer en respectant les règles, respecter les autres et le matériel.				

**Aide 1 : Dissolution en milieu basique de l'alumine**

Placer la bauxite broyée dans un erlenmeyer.

Ajouter 50 mL d'eau. Agiter. Observer.

Ajouter dans l'erlenmeyer 15 mL de la solution de soude à  $2 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Placer l'erlenmeyer sur un agitateur magnétique chauffant et chauffer 10 min tout en agitant à environ  $80^\circ\text{C}$  (environ thermostat 5).

Observer si tout le solide se dissout ou non.

---

**Aide 2 : Elimination des impuretés par décantation puis filtration**

Laisser reposer quelques instants le contenu de l'erlenmeyer. (Décantation)

Filtrer rapidement la solution encore chaude (filtration simple avec papier filtre plissé).

Noter la couleur du précipité et celle du filtrat.

---

**Aide 3 : Régénération de l'alumine par précipitation de l'hydroxyde d'aluminium**

Récupérer le filtrat dans un erlenmeyer placé dans de la glace pour accélérer la précipitation.

Y ajouter progressivement 10 à 20 mL d'une solution d'acide chlorhydrique à  $2 \text{ mol.L}^{-1}$  : le pH doit être compris entre 4 et 9 (vérifier au papier pH).

Laisser décanter et filtrer à nouveau.

---

**Aide 4 : Calcination de l'alumine**

Récupérer le précipité obtenu dans l'étape précédente.

Le sécher entre 2 papiers-filtres.

On devrait le placer dans une capsule, préalablement pesée, et le chauffer fortement, puis peser le résidu sec.

On obtient habituellement une masse  $m_1$  inférieure à 1 g d'alumine plus ou moins hydratée.

Industriellement le chauffage se fait à  $1250^\circ\text{C}$ .

---

**Aide 1 : Dissolution en milieu basique de l'alumine**

Placer la bauxite broyée dans un erlenmeyer.

Ajouter 50 mL d'eau. Agiter. Observer.

Ajouter dans l'erlenmeyer 15 mL de la solution de soude à  $2 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Placer l'erlenmeyer sur un agitateur magnétique chauffant et chauffer 10 min tout en agitant à environ  $80^\circ\text{C}$  (environ thermostat 5).

Observer si tout le solide se dissout ou non.

---

**Aide 2 : Elimination des impuretés par décantation puis filtration**

Laisser reposer quelques instants le contenu de l'erlenmeyer. (Décantation)

Filtrer rapidement la solution encore chaude (filtration simple avec papier filtre plissé).

Noter la couleur du précipité et celle du filtrat.

---

**Aide 3 : Régénération de l'alumine par précipitation de l'hydroxyde d'aluminium**

Récupérer le filtrat dans un erlenmeyer placé dans de la glace pour accélérer la précipitation.

Y ajouter progressivement 10 à 20 mL d'une solution d'acide chlorhydrique à  $2 \text{ mol.L}^{-1}$  : le pH doit être compris entre 4 et 9 (vérifier au papier pH).

Laisser décanter et filtrer à nouveau.

---

**Aide 4 : Calcination de l'alumine**

Récupérer le précipité obtenu dans l'étape précédente.

Le sécher entre 2 papiers-filtres.

On devrait le placer dans une capsule, préalablement pesée, et le chauffer fortement, puis peser le résidu sec.

On obtient habituellement une masse  $m_1$  inférieure à 1 g d'alumine plus ou moins hydratée.

Industriellement le chauffage se fait à  $1250^\circ\text{C}$ .

---