



14/04/2008 - Par
Claire König, Enseignante Sciences Naturelles

L'Aluminium un métal d'exception

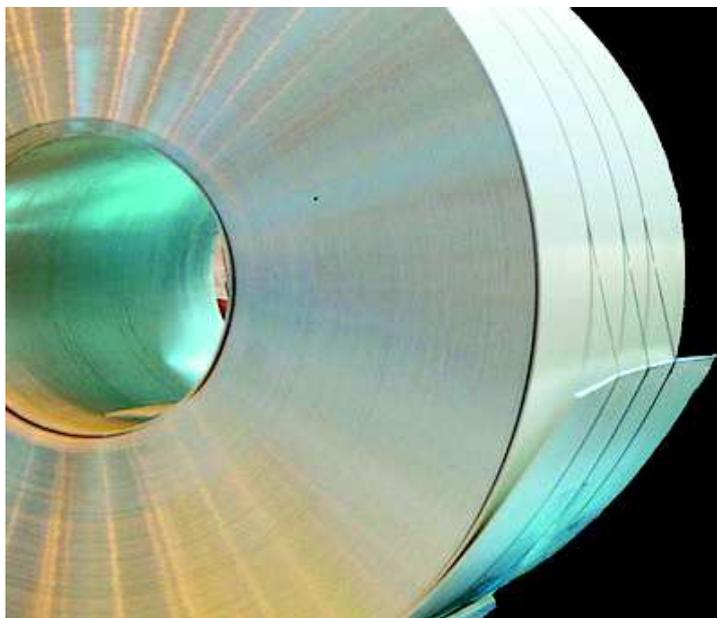
L'aluminium est incontestablement le plus important en tonnage des métaux non ferreux et cette importance industrielle est en progression. Par ailleurs il est très abondant puisqu'il constitue 7.45% en masse de la lithosphère : argiles, micas, feldspaths sont constitués d'oxydes d'aluminium et de silicium.

Page 1/12 - L'Aluminium un métal d'exception

Au travers de ce dossier, vous pourrez découvrir toutes les facettes de l'aluminium, depuis son histoire, sa composition, la bauxite, son exploitation dans le milieu industriel, les alliages, la pollution et le recyclage.

L'aluminium n'a été isolé qu'au milieu du XIXe siècle. **C'est un métal "jeune" comparé au fer, au cuivre ou à l'or, connus depuis les temps les plus reculés.** D'abord utilisé pour la fabrication des bijoux, puisque rare et précieux, il s'est peu à peu imposé dans une foule de domaines et a **participé aux grandes mutations technologiques contemporaines** : transports, habitat, alimentation, modes de vie, esthétique...

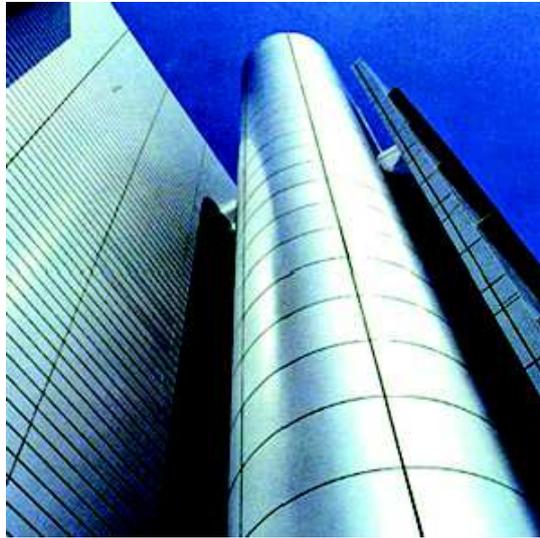
Aujourd'hui, l'aluminium représente un très important secteur industriel ; il est le métal le plus consommé après le fer. **Les Français utilisent plus de 20 kilos par an d'aluminium.**



Rouleau d'aluminium

Son essor extraordinaire au cours du XXe siècle est lié à l'ensemble des caractéristiques de ce métal. Léger et durable, souple et malléable, excellent conducteur d'électricité, peu coûteux, résistant à la corrosion, il peut être coulé et profilé pour prendre les formes les plus complexes. Il peut facilement être allié avec divers autres métaux, ce qui élargit la gamme déjà imposante de ses propriétés.

L'aluminium présente l'avantage de pouvoir être recyclé presque indéfiniment, ce qui est important pour la protection de l'environnement. En outre, la fabrication d'aluminium de deuxième fusion, à partir de rejets ou de produits d'aluminium en fin de vie, ne requiert que 5 % de l'énergie nécessaire à la production d'aluminium de première fusion.



Immeuble en aluminium

De nos jours, l'aluminium est utilisé pour la construction d'édifices autant que pour la fabrication d'articles de maison. Les créateurs tirent parti des alliages révolutionnaires mis au point pour l'aéronautique ou l'aérospatiale et les transforment...

L'aluminium, dont le coût de production est abordable, est sans conteste un **métal d'exception**, d'une très grande polyvalence. Son avenir est porteur de développements encore insoupçonnés.

Page 2/12 - L'histoire de l'aluminium en quelques dates

1821 Le minéralogiste français **Pierre Berthier** (1782-1861) analyse les terres des Baux-de-Provence. Il y découvre de l'alumine.



Baux-de-Provence

1827 Le chimiste allemand **Friedrich Wöhler** (1800-1882) obtient de la poudre d'aluminium.

1854 Le chimiste français **Henri Sainte-Claire Deville** (1818-1881) obtient de l'aluminium pur. Le chimiste allemand **Robert Wilhem Bunsen** (1811-1899) expérimente l'obtention d'aluminium par électrolyse.



Henri Sainte-Claire Deville

1855 Quelques kilogrammes d'aluminium produits par **Sainte-Claire Deville** sont présentés à l'Exposition universelle de Paris. C'est très précieux !



Exposition universelle 1855

1856 Le chimiste français **Henri Debray** (1827-1888), nomme "bronze d'aluminium" l'alliage de 85 à 95 % de cuivre et 5 à 15 % d'aluminium.

1885 Alfred et Eugene H. **Cowles** (USA), produisent des alliages d'aluminium par réduction d'alumine au four électrique : premier procédé électrothermique de production d'alliages d'aluminium.



Brevet Hérault FR 175711 du 23 avril 1886

1887 Création de la Société métallurgique suisse (SMS), qui deviendra Alusuisse et enfin Algroup.

1888 Alfred Hunt, Ch. M. Hall fondent la Pittsburgh Reduction Company (PRC), qui deviendra Alcoa en 1907. Et P. Hérault fonde la Société électrométallurgique française (SEMF).

1893 Mise au point par **K. Bayer, avec P. Hérault**, du procédé Bayer pour la production d'alumine.

1894 Création de la British Aluminium Company (BACO).

1902 Constitution de Northern Aluminum Company (USA) future Alcan.

1907 La carrosserie de la Rolls-Royce **Silver Ghost** est en aluminium poli.



Silver Gohst RR

1909 L'Allemand **Alfred Wilm** (1869-1937) découvre le Duralumin

1914-1918 La Première Guerre mondiale consacre l'essor de l'aluminium

1923 Découverte de la protection de l'aluminium par oxydation anodique et dépôt par Alcoa d'un brevet pour la coloration de l'alu par oxydation anodique.

1927 **Charles Lindbergh** (1902-1974) traverse l'Atlantique à bord du Spirit of Saint Louis, avion à structure gainée d'aluminium.

1930 **Alfonso Bialetti** dessine sa cafetière octogonale, la "Moka Express".



Cafetière

1932 Mise au point industrielle du raffinage électrolytique de l'aluminium.

L'année **1934** marque un tournant dans l'histoire de la physique nucléaire puisque c'est à cette époque que **Irène** (fille de Pierre et Marie Curie) et **Frédéric Joliot-Curie** découvrent la radioactivité artificielle en bombardant une feuille d'aluminium avec des particules, créant ainsi de nouveaux noyaux radioactifs. Le jeune couple montre ainsi que la radioactivité est un phénomène beaucoup plus général que ne l'avaient imaginé Pierre et Marie Curie, 35 ans plus tôt.



Irène et Frédéric Joliot-Curie

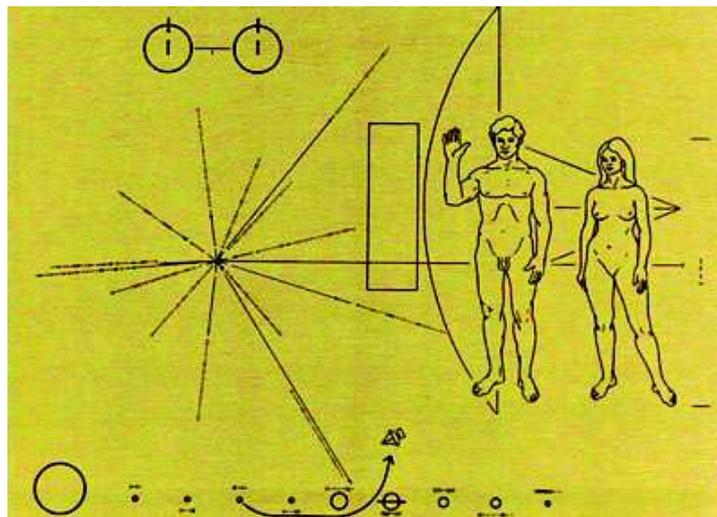
1939-1945 La Seconde Guerre mondiale accélère la croissance de l'aluminium.

1956 première cannette en aluminium.

1957 Spoutnik-1, boule d'aluminium de 84 kg

1968 Alcoa développe le procédé d'épuration des effluents fluorés dit dry process.

1972 Une plaque d'aluminium portant un message est embarquée à bord de Pioneer 10, envoyée vers Jupiter.



Plaque pioneer10

1978 Introduction de l'aluminium au London Metal Exchange (LME).

1991 Fermeture des dernières mines de bauxite en France. France

1994 Audi et Alcoa, avec l'Audi A8 allègent la voiture de 40 %.

Et, pour terminer cette énumération, c'est de **2000 à 2003** que se font les grandes fusions d'entreprises sur tous les continents, et l'histoire continue...

HISTORIQUE DE LA PRODUCTION D'ALUMINIUM DANS LE MONDE (tm)

Année	Production (en tonnes Métriques)								
1886	16,0	1910	44 600	1934	171 000	1958	3 547 000	1982	14 503 000
1887	26,1	1911	48 000	1935	258 000	1959	4 086 000	1983	15 083 000
1888	39,2	1912	58 000	1936	366 000	1960	4 543 000	1984	16 925 000
1889	n/a	1913	66 000	1937	493 000	1961	4 557 000	1985	16 567 000
1890	175	1914	69 000	1938	589 000	1962	4 960 000	1986	16 623 000
1891	333	1915	78 000	1939	687 000	1963	5 401 000	1987	17 501 000
1892	487	1916	104 000	1940	783 000	1964	6 055 000	1988	18 596 000
1893	716	1917	124 000	1941	1 037 000	1965	6 586 000	1989	19 173 000
1894	1 250	1918	131 000	1942	1 394 000	1966	7 209 000	1990	19 346 000
1895	1 430	1919	133 000	1943	2 200 000	1967	7 933 000	1991	19 684 000
1896	1 790	1920	126 000	1944	1 710 000	1968	8 515 000	1992	19 453 000
1897	3 400	1921	78 000	1945	870 000	1969	9 459 000	1993	19 816 000
1898	4 034	1922	92 000	1946	774 000	1970	10 257 000	1994	19 144 000
1899	5 900	1923	138 000	1947	1 051 000	1971	10 936 000	1995	19 697 000
1900	7 300	1924	169 000	1948	1 225 000	1972	11 649 000	1996	20 789 000
1901	7 500	1925	181 000	1949	1 257 000	1973	12 707 000	1997	21 686 000
1902	7 800	1926	195 000	1950	1 507 000	1974	13 825 000	1998	22 612 000
1903	8 200	1927	220 000	1951	1 808 000	1975	12 705 000	1999	23 641 000
1904	9 700	1928	256 000	1952	2 032 000	1976	13 083 000	2000	24 213 000
1905	12 800	1929	282 000	1953	2 454 000	1977	13 783 000	2001	24 284 000
1906	19 200	1930	269 000	1954	2 820 000	1978	14 114 000	2002	26 045 000
1907	21 600	1931	219 000	1955	3 105 000	1979	14 992 000	2003	27 722 000
1908	17 300	1932	154 000	1956	3 333 000	1980	15 383 000	2004	29 821 800
1909	31 600	1933	142 000	1957	3 389 000	1981	13 676 000	2005	31 873 200

Sources: Frank Cass - World Unferrous Metal Production / The Aluminum Association - World Primary Aluminium Production / Metallgesellschaft - Metal Statistics / Aluminium, die ersten 100 Jahre / Guinness
 Préparé par: l'Association de l'aluminium du Canada (tous droits réservés)

Histoire tonnage aluminium

1 - L'élément

- Symbole Al
- Numéro Atomique 13
- Son nombre de masse 27
- Masse molaire atomique 27g.mol⁻¹
- Température de fusion 660°C
- Point d'ébullition 2056°C
- Densité 2,7
- Résistivité électrique 2,7.10⁻⁸ ohm.m
- Conductivité thermique 22 W.m⁻¹.K⁻¹
- Capacité thermique massique 9.102 J.Kg⁻¹.°K⁻¹
- Système cristallin cubique à faces centrées
- Coefficient de dilatation 24.10⁻⁶.°K⁻¹
- Module d'élasticité 69 000 MPa



Lingot d'aluminium

2 - L'atome

- les électrons sont distribués selon :
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
- mais la promotion vers la structure :
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^2$

Est très facile si bien que l'aluminium se trouve essentiellement sous la forme Al⁺³ dans ses composés.

Le cation est très petit de rayon 0.05nm et très chargé par voie de conséquence il est donc très polarisant, ce qui est logique. Ainsi s'explique que l'énergie d'ionisation totale soit élevée bien qu'il soit très électropositif.

3 - Les ions

- En milieu acide : [Al(H₂O)₆]³⁺ avec un E⁰ de 1.67eV
- En milieu basique : [Al(H₂O)₂(H₂O)₄]⁻ avec un E⁰ de 2.35eV

Ces valeurs très basses montrent que l'aluminium est susceptible de se comporter comme un réducteur puissant. La capacité de former des ions positifs et négatifs explique le caractère amphotère de ce métal.

En fait l'aluminium a plutôt tendance à entrer dans des composés covalents vu son caractère très polarisant. Le chlorure est essentiellement moléculaire et souvent dimérisé. On aura donc plutôt :

$[Al^{+3} + 3 Cl^{-}]$ que $AlCl_3$

et aussi plutôt

Al_2Cl_6 que $AlCl_3$

$AlCl_3$ est un acide de Lewis ce qui permet d'expliquer ses propriétés catalytiques.

4 - L'alumine Al_2O_3

Propriétés physiques :

- Masse volumique (g/cm³) 3,9
- Poids moléculaire (g/mole) 102

Propriétés mécaniques :

- Dureté (GPa) 21
- Module d'Young (GPa) 300-400
- Coefficient de poisson 0,25
- Résistance à la flexion (MPa) 380
- Ténacité (MPa.m^{1/2}) 2-3

Propriétés électriques :

- Résistivité électrique à 20 °C (Ohm.m) > 10¹²
- Constante électrique ϵ_r 9-10
- Résistance diélectrique (kV/mm) 10-20

Propriétés thermiques :

- Chaleur spécifique (J/K.kg) 900
- Conductivité thermique (W/m.K) à 20°C / 500°C 26-35 / 10-15
- Coefficient de dilatation linéaire (K⁻¹) de 20 à 1000 °C 8-9 x 10⁻⁶
- Point de fusion (°C) 2050

Propriétés optiques :

- Indice de réfraction 1,76

5 - Les composés naturels

Corindon Al_2O_3 trigonal à réseau rhomboédrique, mais aussi spinelle, gibbsite, cryolithe, brazilianite, turquoise, variscite

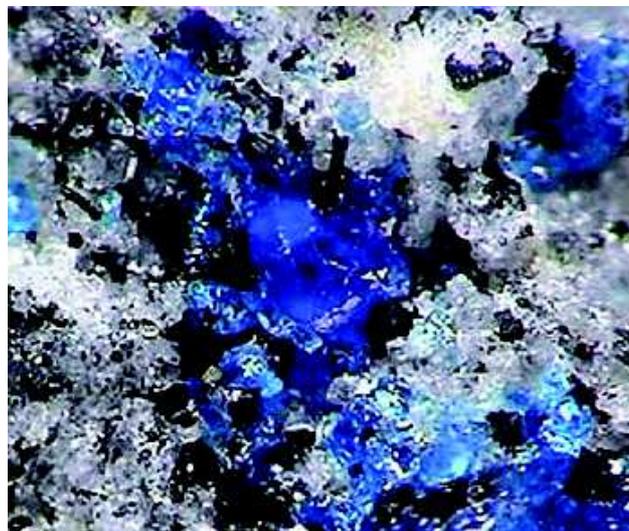


Corindon saphir webmineral © www.fabreminerals.com - Fabre Minerals photo

Tectosilicates

Feldspaths : orthose, albite, anorthite bien connus mais aussi marialite, méionite, scolécite

Feldspathoïdes : haüyne, leucite, néphéline, zéolite etc.



Hauyne © John Veevaert

Néosilicates (ou Orthosilicates)

Tous les grenats et le fameux trio : andalousite, disthène, sillimanite
mais aussi staurotide et topaze ...

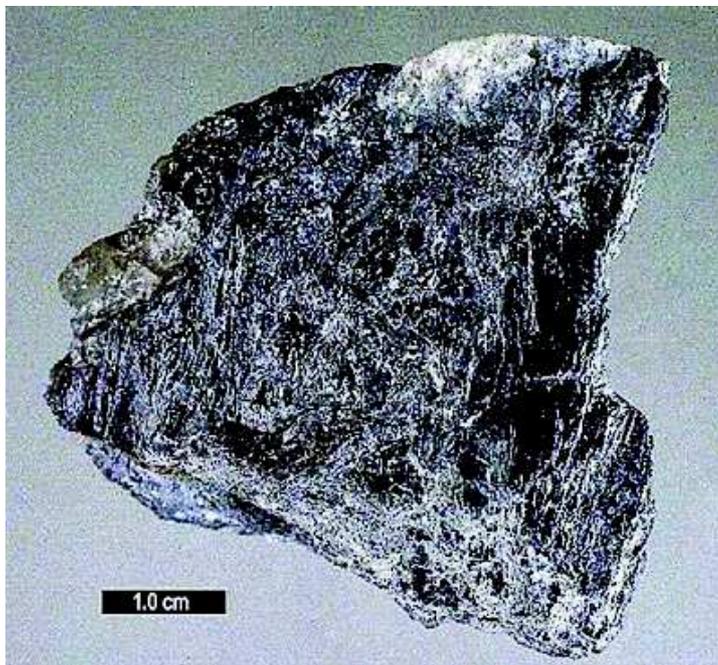


Topaze © Dan Weinrich

Inosilicates (ou Métasilicates)

Amphibole : hornblende, amphibole sodique, glaucophane ...

Pyroxène



Glaucophane © Jeff Weissman / Photographic Guide to Mineral Species

Page 4/12 - Chimie de l'aluminium

1 - Avec des éléments électronégatifs :

L'aluminium se combine facilement avec ces éléments vu son électropositivité, ainsi obtient on les composés suivants : Al_2Cl_6 , Al_2Br_6 , Al_2S_3 , AlN , AlP

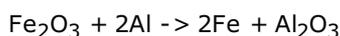
2 - Réduction à chaud de certains composés :

Par exemple réduction de l'eau avec obtention d'hydrogène gazeux et d'alumine, ou encore avec les oxydes de métaux comme Cr, Mn, Fe qui permettent d'obtenir le métal à partir de l'oxyde du minerai. La réduction de l'oxyde de fer III dégage tellement de chaleur que cette réaction est un procédé de soudure de pièces métalliques.

L'aluminothermie est la production de hautes températures par réaction exothermique d'aluminium en poudre (réducteur) sur divers oxydes métalliques (oxydant). La réaction aluminothermique sur une pièce en fer permet le soudage des rails de chemin de fer à partir d'un mélange de poudre d'hématite (oxyde de fer Fe_2O_3) et d'aluminium (Al) :

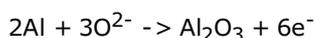


Soudure rail

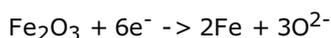


C'est une réaction d'oxydo-réduction ; elle se décompose en deux demies réactions :

- oxydation de l'aluminium



- réduction de l'oxyde de fer



L'oxydant est donc l'oxyde de fer et le réducteur est l'aluminium.

Un autre oxydant utilisé en aluminothermie est l'oxyde de fer noir ou bleu (Fe_3O_4), la magnétite. **La thermite est un type de réaction aluminothermique** dans laquelle le métal aluminium est oxydé par l'oxyde d'un autre métal, généralement l'oxyde de fer. Elle a été découverte par Hans Goldschmidt en 1893 qui a breveté le procédé en 1895.

3 - Réactions avec les sels de métaux :

L'aluminium déplace de nombreux métaux de leurs sels, il réduit les cations cuivre, zinc, argent, plomb, fer à l'état de métaux.

4 - Réactions avec les acides :

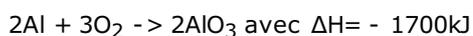
L'aluminium est plus réducteur que l'hydrogène et réagit bien avec les acides chlorhydrique et sulfurique par exemple.

5 - Réactions sur les bases :

Il réagit bien avec la soude ou l'ammoniac concentré et s'il est plus réducteur que l'hydrogène son hydroxyde est **amphotère**. L'oxydation en aluminate en milieu très basique permet le dosage des ions nitrates (réduits en ammoniac) par la méthode de Dewarda.

6 - Réaction avec le dioxygène :

Les risques d'incendie et d'explosion posés par la poudre d'aluminium nue



L'aluminium métallique en vrac n'est pas combustible en soi, mais la poudre d'aluminium nue est un solide **réactif très inflammable**. Au **contact de l'eau**, la poudre ou les poussières d'aluminium peuvent chauffer spontanément. La poudre d'aluminium très fine et humide **peut s'allumer dans l'air et dégager de l'hydrogène**. Le danger croît avec la diminution de la taille des particules d'aluminium. Au contact de l'eau, l'aluminium enflammé dégage de l'hydrogène, d'où un danger d'explosion très grave, surtout si on est en espace clos.

Dans certaines conditions, un nuage de poussières de poudre d'aluminium peut exploser lorsqu'une étincelle ou une flamme l'allume. Lors de l'évaluation du risque d'explosion d'un processus, les facteurs importants dont il faut tenir compte sont :

- la taille et la forme des particules,
- la concentration des poussières,
- la nature de toute impureté,
- la teneur en oxygène,
- le taux d'humidité et
- l'importance du confinement.

Sensibilité à l'allumage : 1,4 (aluminium atomisé); 7,3 (paillettes d'aluminium)

Facteur de sévérité de l'explosion : 7,7 (aluminium atomisé); 10,2 (paillettes d'aluminium)

- **Indice d'explosivité** supérieur à 10 (grave) pour l'aluminium atomisé ainsi que pour les paillettes d'aluminium. On calcule cet indice en multipliant la sensibilité à l'allumage par le facteur de gravité de l'explosion.

- Température minimum d'explosion :

650 ° C nuage;

760 ° C couche d'aluminium atomisé;

320-326 ° C couche de paillettes d'aluminium;

420 ° C particules de 6 µm de diamètre

- Energie minimum d'allumage d'un nuage :

50 mJ pour l'aluminium atomisé;

10 mJ pour les paillettes ;

13 mJ pour des particules de 6 µm de diamètre;

28 mJ pour des particules de 17 µm de diamètre

- Pression explosive maximum :

579,2 kPa pour l'aluminium atomisé;
875,7 kPa pour des paillettes
640 kPa pour des particules de 6 µm de diamètre...

- **Vitesse maximale d'augmentation** de la pression supérieure à 138 000 kPa/s pour l'aluminium atomisé et en paillettes.

- Précautions : elles sont nombreuses

- Éviter la production de poussières, l'humidité, la chaleur, les étincelles, les flammes ou toute autre source d'allumage.
- Les personnes qui travaillent avec cette matière doivent avoir une formation adéquate relativement à ses dangers et à la façon de s'en servir sans risque.
- **Ne jamais utiliser en présence de matières incompatibles comme l'eau**, les acides forts, les bases fortes, et les agents oxydants.
- Éliminer toute source d'allumage.
- Conserver loin des sources de chaleur.
- Ne pas utiliser la poudre d'aluminium nue à l'intérieur des lieux équipés de systèmes d'extincteurs automatiques.
- Conserver loin de l'eau.
- Éviter d'utiliser des contenants à bouchon vissant à joints de carton, ce dernier pouvant favoriser l'accumulation d'humidité.
- **Il est essentiel que les aires de travail** soient bien entretenues afin d'empêcher l'accumulation de poussières.
- L'utilisation d'air comprimé pour nettoyer le matériel, les vêtements, etc., est déconseillée.
- **Le balayage à sec** est aussi déconseillé.
- Utiliser un aspirateur antidéflagrant équipé de filtre(s) à haute efficacité.
- Avant de manipuler les contenants, s'assurer qu'ils ne comportent aucun dommage ou fuite.
- Utiliser des contenants étanches aux poussières et étiquetés.
- Les maintenir fermés lorsqu'ils ne sont pas utilisés.
- Ne jamais remettre une matière contaminée dans son contenant d'origine.
- Les contenants vides peuvent renfermer des résidus dangereux.
- **Avoir à sa disposition le matériel approprié en cas d'incendie**, de déversement et de fuites.
- Utiliser un système de ventilation anti-étincelles, avec mise à la masse, séparé des autres systèmes d'évacuation.
- **Évacuer les vapeurs directement à l'extérieur.**
- Utiliser des dépoussiéreurs munis d'évents d'explosion.
- Fournir assez d'air frais pour remplacer l'air évacué par le système.

7 - Les sels d'aluminium

Nous avons vu que le métal peut se trouver dans les cations ou les anions vu son caractère amphotère. Dans un cas comme dans l'autre les sels sont des complexes et lorsqu'on a des solutions aqueuses on a des ions complexes hydratés que nous avons déjà mentionnés. La cryolithe est un sel d'aluminium Na_3AlF_6



Cryolithe © John Veevaert

C'est un minéral associé aux grands gisements de pegmatite. Le gisement les plus connu est celui d'Iviglut au Groënland.



Mine de cryolithe d'Iviglut

Les cristaux pseudo-cubiques forment des groupements polysynthétiques ou se présentent en individus pseudo-octaédriques d'apparence cubique et en groupements parallèles. **Transparente à translucide** un peu nacré sur le clivage, parfois teintée de brun ou de rouge, la cryolite est utilisée comme fondant dans l'industrie de la céramique et celle de l'aluminium. **La cryolithe** naturelle est tout à fait insuffisante aussi utilise-t-on principalement le composé synthétique actuellement.



Cryolithe blanche et grise © Jeff Weissman / Photographic Guide to Mineral Species

Page 5/12 - Réactivité et corrosion de l'aluminium

1 - Réactivité de la couche d'alumine

L'alumine est un produit ionique non hydratante, irréductible par voie chimique. La bauxite est le seul cas d'alumine hydratée. Par déshydratation de la bauxite on obtient :

--- **soit de l'alumine alpha** - le corindon - de structure compacte et très réfractaire, son PF est supérieur à 2000 degrés Celsius et on peut y fondre pratiquement n'importe quel métal. Cette alumine avec quelques impuretés n'est rien d'autre que le **saphir** si c'est du fer II ou du titane,



Saphir © Université de Lyon

ou le **rubis** avec des traces de chrome,



Rubis © Université de Lyon

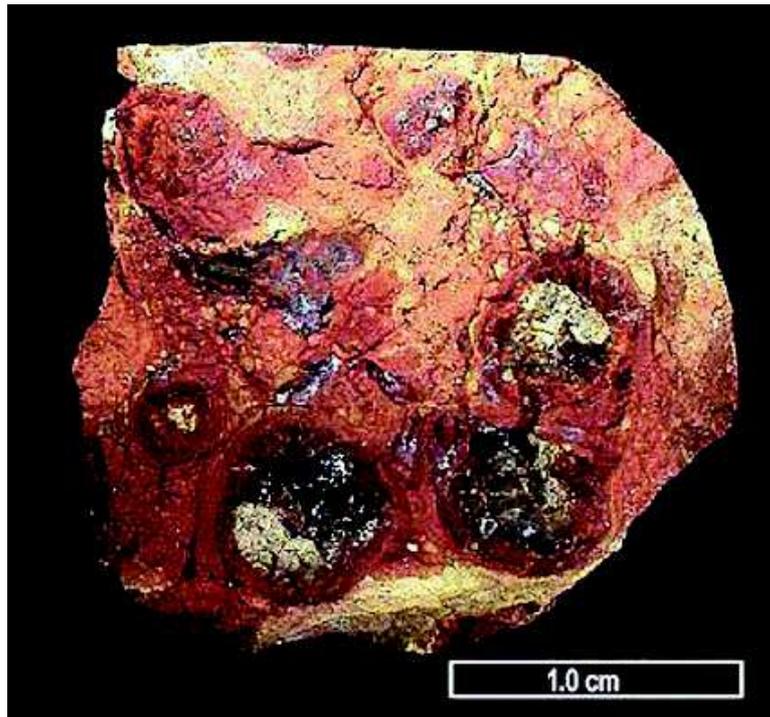
ou l'**améthyste orientale** avec du manganèse III.

- - - **soit l'alumine gamma**, qui vers 800 degré, s'organise en alumine alpha, et dont la structure est désorganisée. C'est un absorbant puissant utilisé comme catalyseur de déshydratation et en chromatographie.

La bonne résistance de l'aluminium à la corrosion est due à la capacité de sa surface à devenir passive.

Ceci est lié à une réaction rapide de l'aluminium avec l'oxygène de l'environnement qui permet de créer une couche d'oxyde fine et amorphe formée par l'air (couche d'alumine, de 1-10 nm) qui protège le métal. Pour les surfaces lisses, l'aluminium serait protégé, dans l'idéal, par une couche d'oxyde continue.

Au contact de l'humidité de l'environnement ou lors d'une immersion dans l'eau bouillante, la surface externe de la couche d'alumine est hydratée. La perte d'aluminium transformée en produits de corrosion est faible. L'immersion de l'aluminium dans l'eau bouillante est appelé boehmitage (formation de boehmite $Al_2O_3 \cdot H_2O$) et est utilisée industriellement pour améliorer les propriétés de l'aluminium contre la corrosion.



Boehmite © Jeff Weissman / Photographic Guide to Mineral Species

La couche d'alumine se dissout lors d'un contact avec des acides (fluorhydrique ou phosphorique) ou des alcalis (NaOH). **De ce fait, une corrosion rapide de l'aluminium a lieu en raison de l'absence de l'alumine.** Mais la couche d'oxyde ne se dissout pas dans un acide nitrique concentré (HNO₃). En effet cet acide a un potentiel redox élevé qui favorise la passivation de l'alumine.

2 - Le comportement de l'aluminium à la corrosion

Il dépend des propriétés de surface et des couches qui sont à proximité.
Malheureusement, les surfaces d'aluminium ne sont pas parfaites.

- **Défauts créés lors de la fabrication** ou de la manipulation tels que : rayures, macro-rugosité (ex : traces de laminage), calamine ou lubrifiants

- **Défauts liés à la microstructure** tels que : joints de grains intermétalliques

La surface occupée par de tels défauts est faible 0,2% de la surface est touchée ; mais elle est importante pour les performances contre la corrosion et la durée de vie. Le comportement physique, chimique et électrochimique de tels défauts est différent de celui de la surface macroscopique de l'aluminium.

A - La corrosion galvanique

C'est une corrosion localisée qui se produit chaque fois que deux métaux ou alliages ayant une différence de potentiel d'au moins 50 mV se retrouvent en contact direct et avec un électrolyte corrosif. Le moins noble des deux métaux ou alliages fera office d'anode pendant la réaction de corrosion.

Dans cet exemple, l'aluminium est le moins noble des deux métaux, et par conséquent, il deviendra l'anode de la réaction de corrosion.

-- Corrosion galvanique aluminium cuivre

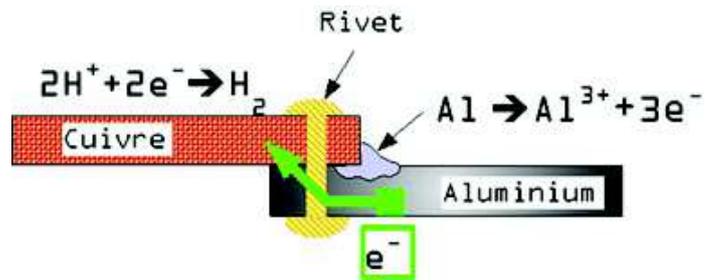


Schéma de corrosion galvanique © wikipedia

-- Corrosion de l'aluminium à l'eau salée

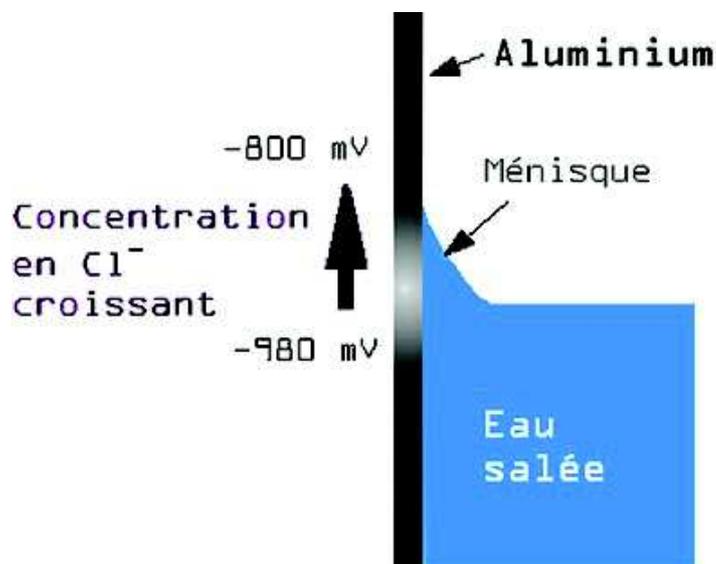
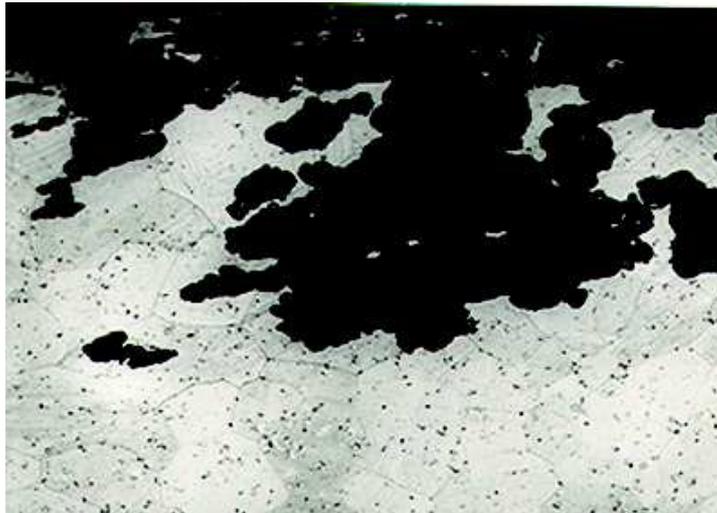


Schéma de Corrosion ligne - eau © Wikipedia

B - La corrosion par piqûre

C'est une autre forme de corrosion localisée. La corrosion se produit localement formant des points à la surface du métal, mais ces piqûres peuvent se développer rapidement et finir par perforer la structure. Le nombre de piqûres dépend de l'alliage : par exemple, pour un alliage contenant 4% de cuivre, le nombre de piqûres est de l'ordre de 1000 par cm^2 .



Piqûre © Wikipedia

Les alliages dans lequel Cu est l'élément d'alliage principal sont particulièrement prédisposés à la corrosion par piqûre.

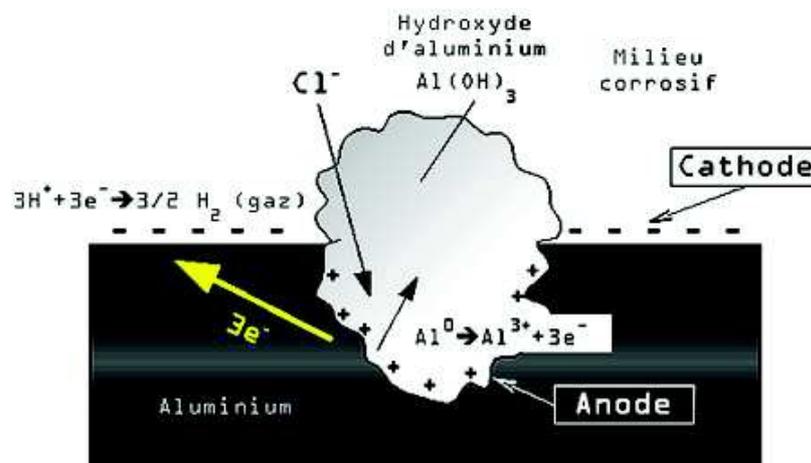
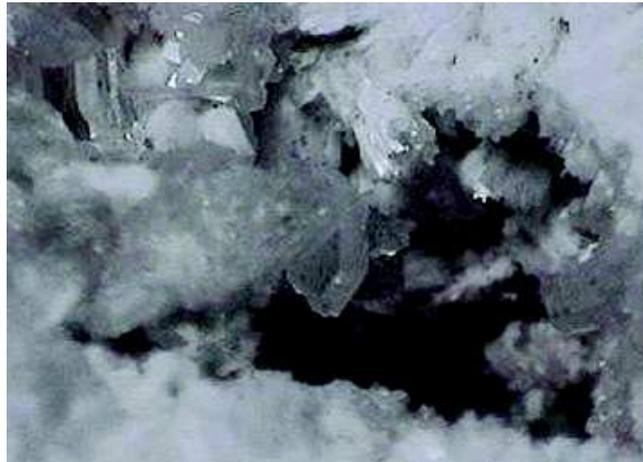


Schéma piqûre © Wikipedia

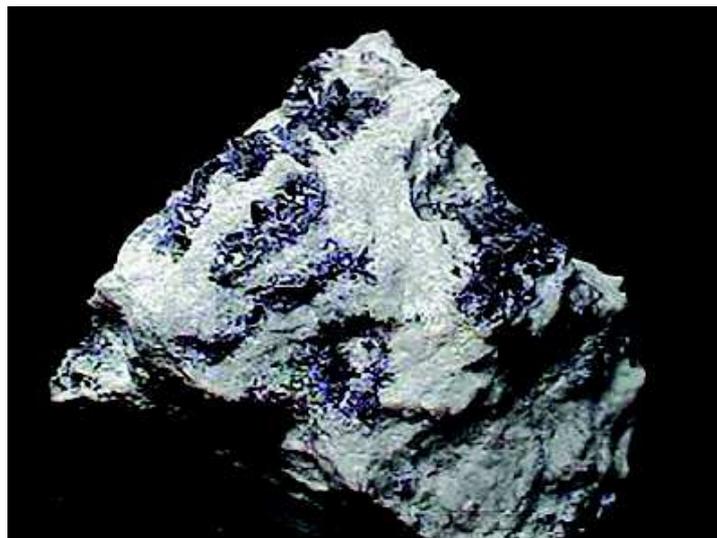
Page 6/12 - La bauxite et son traitement

Voici les autres noms de la bauxite : cliachite, diasporogélite, wochéinite. De la famille des latérites, la bauxite est une roche sédimentaire principalement composée d'hydroxydes d'aluminium :



Gibbsite © John Veevaert

- gibbsite $\text{Al}(\text{OH})_3$,
- boehmite $\text{AlO}(\text{OH})$,
- diaspore Al_2O_3 (H),



Diaspore © John Veevaert

associés à des oxydes de fer et des impuretés (silice, calcite). **On voit que les différentes qualités de bauxite dépendent de la quantité de molécule d'eau, elles dépendent aussi de la forme cristalline** : le diaspore demande, par exemple des pressions et des températures plus élevées pour le traitement. On exploite principalement de la gibbsite. **Sa couleur varie en fonction de sa teneur en oxydes de fer.**



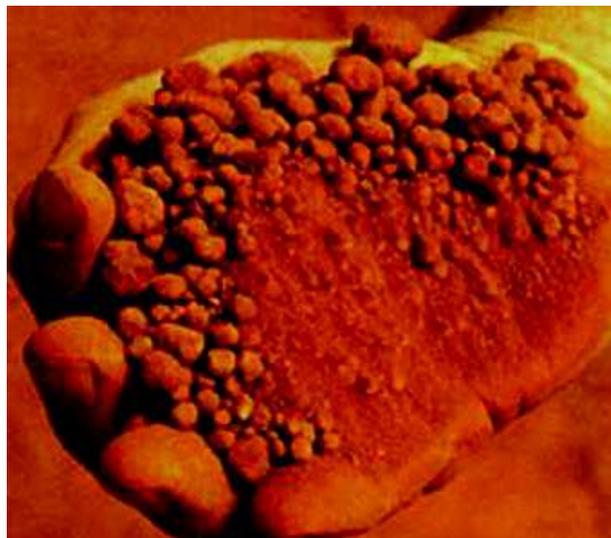
Bauxite

C'est donc une argile de structure **oolithique ou pisolithique** ; tendre, de densité 2,3 à 2,7, à surface pulvérulente. Elle est exploitée comme minerai d'aluminium dont elle est la principale source d'obtention.

1 - Processus de formation et dépôts

D'une manière générale, l'altération, sous climat tropical ou subtropical, de roches carbonatées, produit des latérites. Quand l'alumine domine, la latérite prend le nom de bauxite.

- altération sur place de roches riches en alumine, comme en Guinée.
- altération de décalcification dans des poches de calcaire marneux formées aux dépens des calcaires lors de leur émergence en climat chaud : Languedoc et Provence.



Les bauxites se présentent sous plusieurs types de dépôts. Des dépôts de couverture se forment en Afrique de l'ouest, en Australie en Amérique du sud et en Inde. Ils peuvent s'étendre sur de très grandes surfaces et des profondeurs très variables de quelques mètres, en général 4 à 6, jusqu'à 40 m d'épaisseur dans des cas exceptionnels.

En Jamaïque, à Hispaniola et dans le sud de l'Europe, les dépôts sont des poches de 1 à 30 m. Dans certains cas les poches sont isolées, dans d'autres elles se sont rejointes pour former de vastes dépôts.

Aux Etats-Unis, au Surinam, au Brésil, en Guinée, Russie Chine et sud de la France, les dépôts sont interstratifiés et entre eux on trouve d'autres roches. Ces formations sont évidemment plus compactes, tassées par les dépôts supérieurs.

Le dernier type de dépôt est détritique, dépôt formé par l'érosion d'un sol latéritique, dont les résidus se sont accumulés en un gisement, exemple en Arkansas.

2 - Les méthodes d'extraction

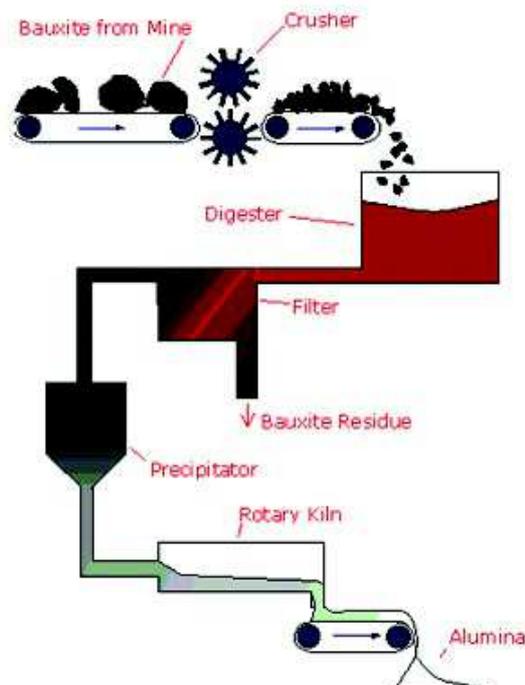
L'exploitation de la bauxite se fait de façon traditionnelle par le creusement de puits de mines et de galeries, mais également en carrières à ciel ouvert.



Les différents types de bauxite

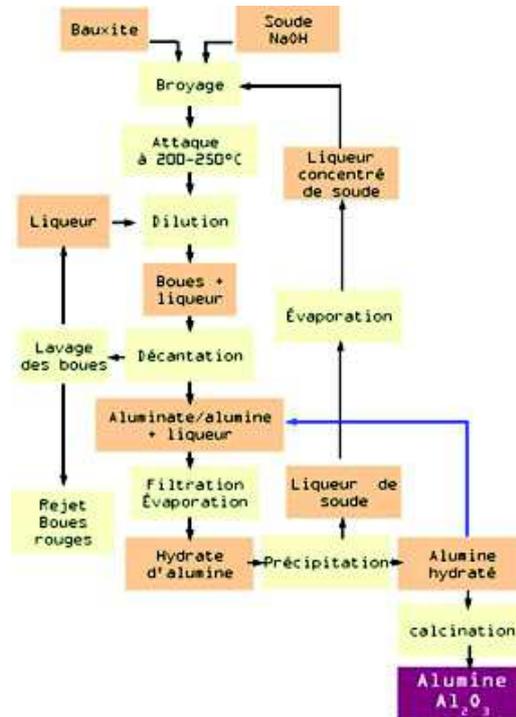
3 - Transformation

On utilise le plus souvent les bauxites rouges. **Les bauxites blanches, plus riches en silice**, sont employées en verrerie, céramique, réfractaire et de ciment. Les bauxites grises sont utilisées pour les abrasifs.



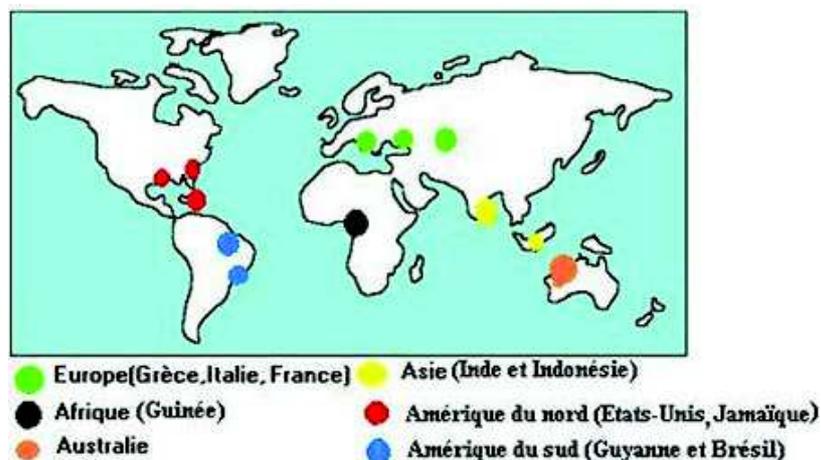
De la bauxite à l'alumine

Le procédé "Bayer" mis au point à partir de 1894 à l'usine de Gardanne : on ajoute de la soude à la bauxite broyée. Sous pression et à chaud, pendant plusieurs heures, on dissout l'alumine pour former de l'aluminate de sodium et les impuretés précipitent. Puis on sépare les déchets insolubles ("boues rouges").



Procédé Bayer

On introduit un peu d'alumine comme germes de cristallisation dans cette solution et on refroidit. Lors du refroidissement, les cristaux d'oxyde d'aluminium se séparent de la soude et précipitent, puis on déshydrate des cristaux par calcination vers 1200 degrés et on obtient de l'alumine pure à 99%.



Les principaux gisements