

De la bauxite à l'alumine et à l'aluminium

Comment produit-on l'aluminium ?

La **bauxite** est le principal minerai d'**aluminium**.
 L'essentiel de la production mondiale de bauxite est utilisé pour le raffinage de l'**alumine** (nom donné à l'oxyde d'aluminium, Al_2O_3), c'est-à-dire l'extraction de l'alumine contenue dans la bauxite, par une méthode de lixiviation chimique caustique par voie humide connue sous le nom de Procédé Bayer. Une faible partie de la bauxite est utilisée pour des abrasifs, des ciments, des réfractaires, etc.
 La majeure partie de l'**alumine** obtenue par ce raffinage est à son tour utilisée pour alimenter la production d'**aluminium** métal par la réduction électrolytique de l'alumine dans un bain fondu de cryolite (Na_3AlF_6) naturelle ou synthétique, le procédé Hall-Héroult.

- Ainsi, le processus de fabrication de l'aluminium "primaire" ou "de première fusion" comporte 3 étapes :
- 1- **Extraction de la bauxite** (mines de bauxite),
 - 2- **Raffinage de la bauxite en alumine** par le procédé Bayer (raffineries d'alumine),
 - 3- **Réduction électrolytique de l'alumine en aluminium** par le procédé Hall-Héroult (fonderies d'aluminium).

Le raffinage de la bauxite sépare l'alumine hydratée des autres composants naturels de la bauxite, essentiellement des oxydes de fer et de la silice, qui constituent les "boues rouges", rejetées (ex : Gardanne, France : rejet en fosse sous-marine) ou stockées au fond d'un bassin de décantation (ex : Fria, Guinée).

Le marché est aussi alimenté par de l'aluminium "secondaire" ou "de deuxième fusion", obtenu par le recyclage de rebuts des industries de transformation et de déchets d'aluminium après usage (en particulier les canettes de boissons). L'aluminium est recyclable à 100%, avec une économie d'énergie de 95% par rapport à celle nécessaire à la fabrication de l'aluminium primaire. L'aluminium secondaire représente de l'ordre de 20 % de l'approvisionnement mondial.

Les gisements dans la nature

L'**aluminium** (Al) est un élément **très abondant** qui compose environ **8,1 % de l'écorce terrestre**. C'est le 3^{ème} élément le plus abondant de cette écorce, derrière l'oxygène (46,6 %) et le silicium (27,7 %), et devant le fer (5,0 %). Il n'existe pas sous forme métallique dans la nature, mais seulement sous forme d'oxydes plus ou moins complexes, souvent combinés avec la silice et d'autres oxydes dans des aluminosilicates qui constituent la majeure partie des roches.
 Il est extrait économiquement essentiellement de **bauxites**, roches qui doivent contenir de **40 % à plus de 60 % d'alumine** (oxyde d'aluminium, Al_2O_3) - soit 20 % à 30 % d'**aluminium** - et doivent contenir moins de 10 % de silice (SiO_2).
 Une petite proportion de l'alumine produite en Russie est obtenue à partir de néphéline ($Na,K)AlSi_3O_8$, extraite dans la péninsule de Kola.

Les bauxites se forment essentiellement par des processus d'altération superficielle en climat alterné (saison sèche /saison humide) semi-aride à tropical. Elles sont composées d'un ou plusieurs oxydes d'aluminium hydratés, plus des quantités variables de silice, d'oxyde de fer, d'oxyde de titane, d'aluminosilicates et d'autres impuretés en quantités mineures ou traces. Les oxydes hydratés naturels d'aluminium sont la **boehmite** ($Al_2O_3 \cdot H_2O$) et la **gibbsite** ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$).

- Les bauxites sont classées en 3 catégories :
- la bauxite monohydratée, dont le composant principal est la boehmite, que l'on trouve surtout sous les climats méditerranéens (France, Grèce, Turquie, etc.)
 - la bauxite trihydratée, dont le composant principal est la gibbsite, qui se développe surtout dans les zones tropicales (Afrique de l'Ouest dont Guinée, Amérique du Sud, Inde, Australie).
 - une bauxite intermédiaire, contenant boehmite et gibbsite, que l'on trouve aux Caraïbes (Jamaïque, etc.).

La plupart des gisements de bauxite sont proches de la surface et exploités à ciel ouvert.

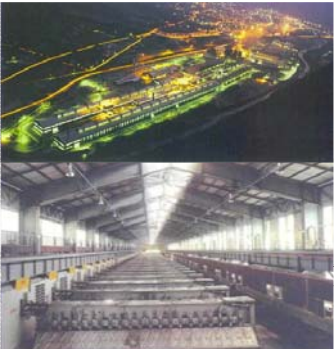
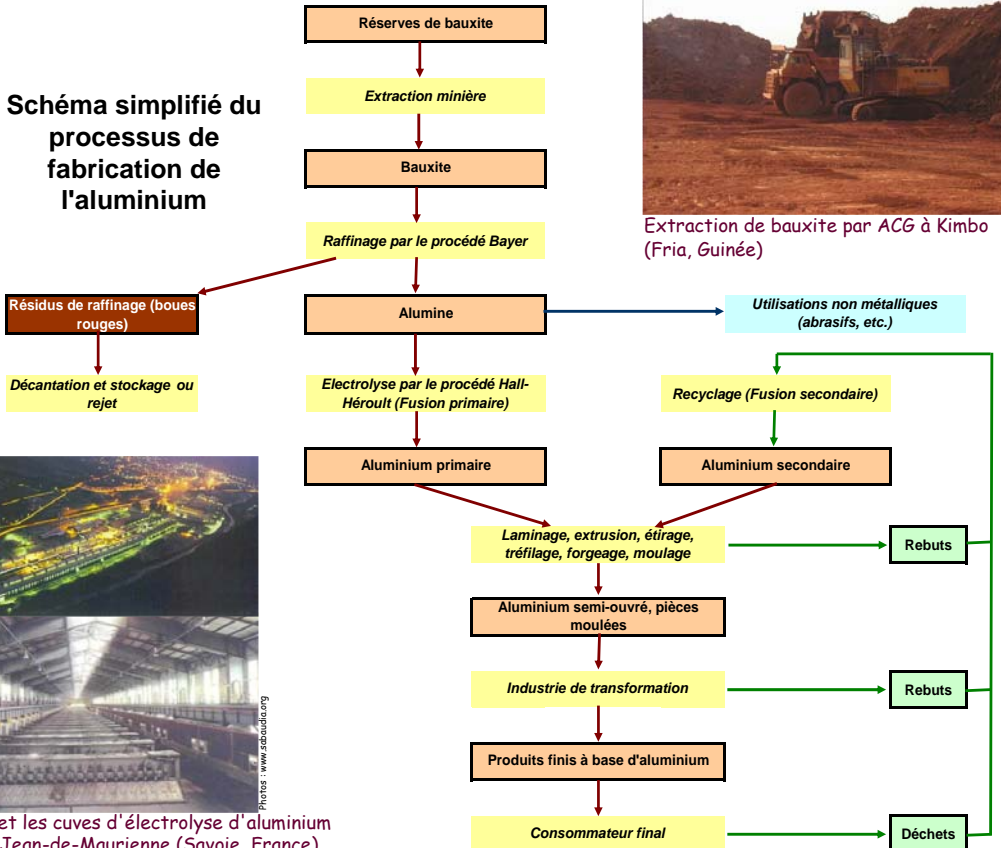


La raffinerie d'alumine d'ACG à Fria (Guinée)



Extraction de bauxite par ACG à Kimbo (Fria, Guinée)

Schéma simplifié du processus de fabrication de l'aluminium



L'usine et les cuves d'électrolyse d'aluminium à Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie, France)

Pour produire de l'alumine, il faut essentiellement :

- de la bauxite de qualité correcte à un coût acceptable (2,5 à 3 t de bauxite pour produire 1 t d'alumine, selon la teneur) ;
 - de la soude caustique (dans le cas d'ACG en Guinée, 60 à 80 kg par tonne d'alumine produite) ; de la chaux ; de l'eau ;
 - un peu d'énergie (dans le cas d'ACG, consommation globale de 0,3 t de fuel par tonne d'alumine produite) ;
 - la capacité technique et une main d'œuvre compétente ;
 - et surtout, une capacité financière très importante pour construire la raffinerie et éventuellement les infrastructures de transport liées (pour, selon les cas, amener la bauxite, la soude, ou pour évacuer l'alumine) ;
- Les investissements nécessaires sont de l'ordre de 1 à 2 milliards de dollars selon la dimension envisagée.

Pour produire de l'aluminium, il faut essentiellement :

- de l'alumine (2 t d'alumine pour produire 1 t d'aluminium) ;
 - beaucoup d'énergie électrique à un coût compétitif (moyenne mondiale : 15 000 kWh électriques pour produire 1 t d'aluminium ; optimum de l'ordre de 13 000 kWh)
 - la capacité technique et une main d'œuvre spécialisée ;
 - une capacité financière très importante pour construire la fonderie et éventuellement les infrastructures de transport liées (pour, selon les cas, amener l'alumine et/ou évacuer l'aluminium)
- Les investissements nécessaires sont de l'ordre du milliard de dollars.
 Si l'énergie électrique n'est pas déjà disponible localement, il faut aussi construire une centrale, en fonction des sources d'énergie disponibles localement (en Guinée, énergie hydraulique => construire des barrages et des centrales hydroélectriques), d'où un investissement supplémentaire de plusieurs centaines de millions de \$.