

## MATIÈRES PREMIÈRES :

L'aluminium, à l'état oxydé, est l'élément métallique le plus répandu dans l'écorce terrestre, avec une teneur de 8 % en aluminium ou de 15 % exprimée en alumine,  $Al_2O_3$ . Il est présent surtout sous forme de silicoaluminates dans des argiles, schistes... contenant de 18 à 38 % de  $Al_2O_3$ , mais il est plus économique de récupérer  $Al_2O_3$  à partir des bauxites proprement dites (présentes principalement en Europe, avec de faibles réserves) ou des latérites bauxitiques (présentes sous les climats tropicaux, avec d'importantes réserves). Par généralisation, les latérites bauxitiques sont également dénommées bauxites.

### **Minerais :**

La bauxite contient principalement de l'alumine hydratée, de 10 à 20 % d'[oxyde de fer](#) et d'environ 5 % de [silice](#). Les teneurs sont généralement de 48 à 58 % en  $Al_2O_3$  sous forme principalement de gibbsite ou d'hydrargillite ( $Al(OH)_3$ ) dans les latérites et de böhmite ou de diaspore ( $AlO(OH)$ ) dans les bauxites.

- En Russie, en Sibérie ou dans la péninsule de Kola, sont exploités également des minerais riches en néphéline ( $2SiO_2, Al_2O_3, Na_2O-K_2O$ ), récupérés comme sous-produits de l'extraction des [apatites](#) ou dans des minerais riches en alunite ( $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 4Al(OH)_3$ ). En 2014, la production de néphéline du groupe UC Rusal, en Sibérie, à Kiya Shaltyr, a été de 4,4 millions de t.

**Productions minières :** en 2014, en milliers de t de bauxite. Monde : 234 000, Union européenne (principalement en Grèce, en 2013) : 2 400.

Australie	81 000	Jamaïque	9 800
Chine	47 000	Kazakhstan	5 500
Brésil	32 500	Russie	3 300
Guinée	19 300	Surinam	2 700
Inde	19 000	Venezuela	2 200

Source : USGC

Les exploitations minières sont à 80 % à ciel ouvert. En général, dans ces exploitations, le gisement de bauxite se présente sous forme d'une couche horizontale de quelques mètres d'épaisseur (en moyenne de 7 à 8 m) située à faible profondeur, parfois moins d'un mètre, sur une surface de plusieurs  $km^2$ . Le sol recouvrant le gisement est généralement stocké afin, après exploitation, de réhabiliter le site.

L'Indonésie qui était, en 2013, le deuxième producteur mondial, avec 55,7 millions de t totalement exportées, a vu sa production chuter à 500 000 t du fait de l'interdiction d'exportation de la bauxite afin de développer son secteur industriel et en particulier sa transformation sur place.

### Exploitations minières australiennes :

L'une des principales mines de bauxite au monde, avec 23 millions de t/an, est celle de [Huntly](#), propriété d'AWAC, détenu à 60 % par [Alcoa](#), qui exploite depuis 1976 le "Darling Range", en Australie de l'Ouest, au sud de Perth, où le gisement de bauxite est situé à environ 50 cm de profondeur sur une épaisseur moyenne de 7 mètres. La bauxite possède une faible teneur en alumine (de 27 à 32 %) et une teneur élevée en silice (28 %) avec toutefois une faible part de celle-ci (1 à 3 %) réactive lors de l'élaboration de l'alumine et donc entraînant une consommation plus élevée d'hydroxyde de sodium. Malgré ces inconvénients, les facilités d'exploitation rendent ce gisement

particulièrement rentable. AWAC exploite également, dans le "Darling Range", depuis 1984, la mine de Willowdale avec une production de 10 millions de t/an. Ces mines alimentent les usines australiennes d'élaboration d'alumine de Pinjarra et Kwinana.

Dans cette région, la mine de Jarrahdale, exploitée par Alcoa, ouverte en 1963, a produit jusqu'à sa fermeture, en 1998, 168 millions de t.

La société [South32](#) possède à 86 %, sur le même gisement, la mine de Boddington, qui produit 12 millions de t/an. La bauxite, avec une production de 2 700 t/h, est acheminée sur 51 km, à l'aide d'un convoyeur à bande, jusqu'à l'usine d'élaboration d'alumine de Worsley, à la vitesse de 26 km/h.

Toujours en Australie, [Rio Tinto Alcan](#), exploite des gisements plus riches (environ 50 % d'alumine) à Weipa (Queensland) et Gove (Territoire du Nord). La mine de Weipa, exploitée depuis 1961, une bauxite constituée à 55 % de gibbsite et 14 % de böhmite, avec des réserves prouvées et probables de 1,485 milliard de t à 52,5 % de  $Al_2O_3$  et une production, en 2014, de 26,266 millions de t destinées principalement aux usines de production d'alumine de Gladstone. La mine de Gove, exploitée depuis 1971, avec des réserves prouvées et probables de 146 millions de t à 49,4 % de  $Al_2O_3$ , a produit, en 2014, 6,528 millions de t, traitées sur place.

#### Exploitations minières brésiliennes :

Le gisement le plus important, Porto Trombetas, dans l'ouest de l'état de Pará, est exploité depuis 1979, par la société [Mineração Rio do Norte](#) (MNR) détenue à 40 % par [Vale](#) et à compter de 2014 par Hydro, 18,2 % par Alcoa (dont 9,6 % à travers AWAC), 14,8 % par South32, 12 % par Rio Tinto Alcan, 5 % par Hydro... Le gisement d'une épaisseur moyenne de 4 m est situé à une profondeur d'environ 8 m. La bauxite a une teneur d'environ 50 % en alumine. Les réserves prouvées et probables sont de 94 millions de t à 49,5 % de  $Al_2O_3$ . Le minerai est acheminé par 28 km de voie ferrée jusqu'à Porto Trombetas sur la rivière Trombetas, affluent de l'Amazone, puis par barges sur 1570 km jusqu'au port de Vila do Condo, sur l'Amazone, pour alimenter l'usine de production d'alumine d'Alunorte, propriété à 92 % d'Hydro, située à Barcarena. Le trajet dure 3 jours. En 2014, la production est de 16,376 millions de t, à 59 % transformées au Brésil et à 41 % exportées vers les États-Unis pour 18 %, le Canada pour 11 %, l'Europe pour 10 % et la Chine pour 2 %.

Le gisement de Paragominas, situé dans l'est de l'état de Pará, d'une capacité de 10 millions de t/an, est exploité depuis 2007 par le groupe Hydro. Il s'étend sur 1 000 km<sup>2</sup> avec une épaisseur moyenne de 2,2 m. Il renferme 50 % d'alumine et 4 % de silice réactive. Les réserves sont de 1 milliard de t. La bauxite est acheminée à l'aide d'un minéral-duc de 244 km jusqu'à l'usine de production d'alumine d'Alunorte à Barcarena.

Le gisement de Juruti, dans l'ouest de l'état de Pará est exploité depuis 2009 par AWAC. Il possède des capacités de 3,6 millions de t/an et des réserves de 700 millions de t. Le minerai est destiné à alimenter l'usine de production d'alumine Alumar, à São Luis.

Exploitations minières guinéennes : la Guinée possède les plus importantes réserves au monde et sa production est totalement exportée.

La Compagnie des Bauxites de Guinée (CBG) exploite, depuis 1973, le gisement de Boké, situé sur le plateau de Sangaredi, qui contient, en moyenne, 53 % d'alumine et 2 % de silice. La société est détenue à 51 % par la joint venture Halco (45 % Alcoa, 45 % Rio Tinto Alcan, 10 % [Dadco](#)) et à 49 % par l'État guinéen. Les réserves prouvées et probables sont de 278 millions de t à 49,4 %  $Al_2O_3$ , avec une production, en 2014, de 15,803 millions de t, transportée par voie ferrée sur 135 km jusqu'au port de Kamsar.

Les gisements de Kindia exploité par le groupe russe [UC Rusal](#) a produit, en 2014, 3,4 millions de t exportées.

**Principaux producteurs** : en 2014, en millions de t.

<a href="#">AWAC</a> (États-Unis)	46,3	<a href="#">South32</a> (Australie)	12,8
<a href="#">Rio Tinto Alcan</a> (Canada)	41,9	<a href="#">UC Rusal</a> (Russie)	12,1
<a href="#">Chalco</a> (Chine)	17,5	<a href="#">Hydro</a> (Norvège)	9,5

Source : Rapports des sociétés

[AWAC](#) (Alcoa Worldwide Alumina and Chemicals), joint venture entre [Alcoa](#) (60 %) et [Alumina Limited](#) (40 %), exploite des mines en Australie à Huntly et Willowdale, avec, en 2014, une production de 31,4 millions de t, au Brésil au travers d'une participation dans la mine de Porto Trombetas, avec 3,3 millions de t et de l'exploitation des mines de Pocos de Caldas, avec 0,5 million de t et de Juruti, avec 4,8 millions de t, en Guinée au travers d'une participation dans la mine de Boké, avec 3,4 millions de t, au Surinam à Moengo, Klaverblad et Kalmangrassie, avec 2,7 millions de t et un début de production en Arabie Saoudite, à Al Ba'itha, au travers d'une participation de 25,1 %, avec 0,2 million de t et une capacité de production prévue de 4 millions de t.

[Rio Tinto Alcan](#), exploite en Australie la mine de Gove, avec, en 2014, une production de 6,528 millions de t et celle de Weipa, avec 26,266 millions de t, au Brésil, la part de Rio Tinto sur la mine de Porto Trombetas est de 1,965 million de t, en Guinée, la part de Rio Tinto dans l'exploitation de la mine de Boké est de 7,111 millions de t.

[South32](#) issu, en mai 2015, du groupe BHPBilliton, exploite sur le "Darling Range", en Australie de l'Ouest, la mine de Boddington, avec une capacité de production de 12 millions de t/an et possède une participation dans la mine de Porto Trombetas, au Brésil, avec, en 2014, une production de 2,4 millions de t.

Le groupe [UC Rusal](#), exploite des mines de bauxite, en Russie, avec la mine de Timan, près de Ukhta, dans la République de Komi, qui a produit, en 2014, 2,815 millions de t, celles du Nord de l'Oural, 2,774 millions de t, en Guinée, la Compagnie des Mines de Kindia a produit 3,379 millions de t, en Jamaïque, le complexe de Windalco a produit 1,903 million de t, au Guyana, la Bauxite Company of Guyana a produit 1,237 million de t.

[Hydro](#), au Brésil, exploite la mine de Paragominas, avec une production, en 2014, de 9,5 millions de t et possède une participation dans la mine de Porto Trombetas.

**Commerce international** : en 2014.

- Principaux pays exportateurs, en milliers de t, sur un total de 66 473.

Guinée	18 816	Malaisie	3 677
Australie	18 584	Indonésie	2 085
Brésil	8 353	République Dominicaine	1 393
Inde	5 289	Sierra Leone	1 115
Jamaïque	4 813	Ghana	835

Source : ITC

Le premier pays exportateur qui était, en 2013, l'Indonésie, avec 57 millions de t, dont 56,5 millions de t vers la Chine, a interdit l'exportation de bauxite à compter de 2014 afin de développer son secteur industriel et en particulier la transformation sur place de la bauxite. En conséquence, ses exportations ont chuté en 2014 pour atteindre 2,1 millions de t.

- Principaux pays importateurs, en milliers de t, sur un total de 75 510.

Chine	36 209	Espagne	3 807
Etats-Unis	12 209	Allemagne	2 625
Irlande	4 424	Inde	1 601
Canada	3 877	Bahrain	1 388
Ukraine	3 850	France	1 343

Source : ITC

En 2014, les importations de la Chine proviennent à 43 % d'Australie, 24 % d'Indonésie, 14 % d'Inde, 9 % de Malaisie. En 2014, les importations ont chuté à 36 millions de t, des stocks ayant été constitués face à la chute prévue des exportations indonésiennes.

Les importations des États-Unis proviennent, en 2014, à 44 % de Jamaïque, 28 % du Brésil, 20 % de Guinée, 6 % de Guyana.

Les importations de l'Union européenne ont été, en 2013, de 12,96 millions de t.

**Réserves mondiales** de bauxite, en 2014, 28 milliards de t. En millions de t.

Guinée	7 400	Indonésie	1 000
Australie	6 500	Guyana	850
Brésil	2 600	Chine	830
Viet Nam	2 100	Grèce	600
Jamaïque	2 000	Surinam	580

Source : USGC

**Situation française** : en 2014.

- La plus grande partie de la production a été arrêtée fin 1991. Le maximum avait été atteint en 1973 avec 3,2 millions de t. Au total, la production a été de 100 millions de t de bauxite. Les gisements étaient situés dans le Var (Brignoles...), les Bouches du Rhône (Les Baux) et l'Hérault. Les réserves françaises de bauxite sont estimées à 70 millions de t. Actuellement une faible production (70 000 t, en 2013) est destinée à des applications non métallurgiques.

- Importations : 1,343 million de t à 74 % de Guinée, 19 % de Grèce.

- Exportations : 8 716 t vers la Suisse à 65 %, l'Italie à 15 %, les Pays Bas à 14 %.

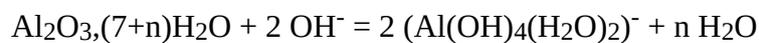
**Utilisations** :

Environ 95 % de la bauxite utilisée dans le monde est destiné à la fabrication de l'alumine (pour, à 90 %, produire de l'aluminium), le reste est utilisé dans les industries des ciments, des produits réfractaires et des abrasifs. En 2013, aux États-Unis, sur un total de 10,2 millions de t de bauxite consommée, l'industrie de l'aluminium a utilisé 9,81 millions de t, les autres secteurs industriels (produits réfractaires, abrasifs et chimie), 369 000 t.

**ALUMINE:**

**Fabrication industrielle** : elle est réalisée dans des raffineries, à partir de bauxite, selon le procédé Bayer. Le procédé, qui consiste à extraire l'alumine de la bauxite, en éliminant les impuretés présentes dans le minerai, utilise le caractère amphotère des hydroxydes d'aluminium qui sont solubles en milieu basique ce qui n'est pas le cas, par exemple, des oxydes de fer.

La bauxite est traitée par une solution d'hydroxyde de sodium, [NaOH](#), concentrée et chaude. L'attaque, qui dure 2 jours, a lieu dans des autoclaves, sous 2 à 4 MPa, et entre 140 et 150°C pour les minerais riches en gibbsite, entre 220 et 270°C pour ceux riches en böhmite et entre 250 et 280 °C pour ceux riches en diaspore. On sépare ainsi l'aluminium, en solution sous forme d'ions aluminates hydratés -  $(\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2)^-$ , des oxydes de fer et de la silice, solides, qui donnent des "boues rouges". Ensuite, l'hydroxyde d'aluminium,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , précipite par dilution et refroidissement. La précipitation est initiée et contrôlée par une quantité importante d'amorce de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  provenant de fabrications précédentes. Les réactions mises en jeu sont représentées par l'équation chimique ci-dessous avec déplacement de l'équilibre vers la droite lors de la dissolution et vers la gauche lors de la précipitation après élimination de la phase solide.



Lors de la précipitation de l'alumine, l'hydroxyde de sodium est régénéré. Toutefois, la présence de silice dans le minerai, entraîne une consommation d'hydroxyde de sodium et d'alumine par formation d'un silicoaluminate de sodium de formule :  $5\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{Na}_2\text{O} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . En conséquence, les bauxites à haute teneur en silice susceptible de réagir sont économiquement pénalisées.

Les bacs de précipitation peuvent atteindre des volumes de 4 500 m<sup>3</sup>. L'alumine calcinée est obtenue par chauffage à 1200°C.

Les résidus de traitement de la bauxite (boues rouges) représentent, en général, de 0,7 à 2 t/t d'alumine, soit, dans le monde, 120 millions de t/an. Au total, cela représente depuis l'exploitation du procédé Bayer, 3 milliards de t.

**Consommations** : pour produire 1,9 t de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (qui donne 1 t de Al) il faut :

Bauxite	4 à 5 t	<a href="#">Chaux</a>	200 kg	Energie : 380 kWh
<a href="#">Eau</a>	13,5 t	NaOH	210 kg	

Par exemple, la répartition des coûts de production, dans la raffinerie Alunorte, exploitée par Hydro, au Brésil, est la suivante :

Energie	38 %	Hydroxyde de sodium	13 %
Bauxite	37 %	Divers	12 %

Source : Hydro

**Productions** : en 2013, en milliers de t de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Monde : 103 000, Union européenne, en 2014 : 6 165.

Chine	44 000	Irlande	1 935
Australie	21 528	Jamaïque	1 855
Brésil	10 200	Kazakhstan	1 600
États-Unis	4 390	Espagne	1 530
Inde	4 040	Ukraine	1 494

Russie	2 659	Canada	1 439
--------	-------	--------	-------

Sources : USGC et BGS

En 2000 la production chinoise était de 4 millions de t.

Dans l'Union européenne, la production, en 2013, est de 1,53 million de t en Espagne, 1,265 million de t en Irlande, 1 million de t en Allemagne, 527 000 t en Grèce, 430 000 t en France, 391 000 t en Roumanie, 130 000 t en Hongrie.

En 2014, en Australie, Alcoa, à travers AWAC, a produit 9 millions de t dans ses raffineries de Pinjarra (4,2 millions de t/an de capacité), Kwinana (2,2 millions de t/an de capacité) et Wagerup (2,6 millions de t/an de capacité) situées dans l'Ouest, [Rio Tinto Alcan](#), en 2014, 6,218 millions de t dans les raffineries de Gladstone QAL, dans le Queensland (80 % d'une production de 3,568 millions de t, alimentée par la bauxite du gisement de Weipa), Gladstone Yarwun, dans le Queensland (2,688 millions de t) et Gove, dans le Territoire du Nord (676 000 t, arrêtée en mai 2014). [South32](#) a produit, en 2014-15, 3,819 millions de t, avec une participation de 86 % dans la raffinerie de Worsley, en Australie de l'Ouest. UC Rusal a produit 714 000 t avec 20 % de participation dans la raffinerie de Gladstone QAL.

La plus importante raffinerie au monde est celle d'Alunorte, détenue à 92 % par Hydro, située à Barcarena, dans l'état de Pará, au Brésil, avec une capacité de production depuis mi-2008 de 6,2 millions de t/an. Elle est approvisionnée à 35 % par de la bauxite livrée en bateaux, sur un trajet de 1 570 km sur l'Amazone, par MNR à partir des mines de Porto Trombetas et à 65 % par de la bauxite livrée sous forme de pulpe à partir de la mine de Paragominas, exploitée par Hydro, à l'aide d'une canalisation de 244 km. Une partie de l'alumine produite alimente les électrolyses de production d'aluminium d'Albras à Barcarena et Valesul à Rio de Janeiro. L'essentiel de la production (environ 80 %) est exporté.

La raffinerie Alumar, située à São Luis, dans l'état de Maranhão, détenue à 54 % par AWAC, 36 % par South32 et 10 % par Rio Tinto Alcan, possède une capacité de production de 3,6 millions de t.

Aux États-Unis, la production est réalisée par Alcoa, à Point Comfort, au Texas, avec une capacité de 2,3 millions de t/an, par [Sherwin Alumina](#), filiale de [Glencore](#), à Corpus Christi, au Texas, avec, en 2014, une production de 1,382 million de t, par [Noranda Aluminium](#), à Gramercy, en Louisiane, avec une production de 1,154 million de t, en 2014, à partir de bauxite importée depuis la mine de la société à Saint Ann, en Jamaïque et [Altamis](#), à Brunside, en Louisiane, avec une capacité de production de 500 000 t/an.

#### Commerce international : en 2014.

- Principaux pays exportateurs : en milliers de t, sur un total de 43 822.

Australie	17 972	Inde	1 659
Brésil	8 810	Ukraine	1 463
Etats-Unis	2 202	Chine	1 165
Irlande	1 958	Kazakhstan	1 013
Jamaïque	1 823	Espagne	956

Source : ITC

- Principaux pays importateurs : en milliers de t, sur un total de 36 177.

Chine	5 345	Emirats Arabes Unis	1 628
-------	-------	---------------------	-------

Russie	4 246	Islande	1 583
Canada	4 107	Afrique du Sud	1 386
Norvège	2 313	Pays Bas	1 186
Etats-Unis	1 903	Japon	1 129

Source : [ITC](#)

Les importations de l'Union européenne ont été, en 2013, de 792 000 t pour 1,452 million de t d'exportations.

Celles des États-Unis, en 2014, proviennent d'Australie à 32 %, du Surinam à 28 %, du Brésil à 13 %, de Chine à 9 %. Les exportations des États-Unis sont destinées à 28 % au Canada, 18 % à l'Égypte, 16 % à la Norvège, 12 % à l'Islande, 6 % au Mexique.

**Principaux producteurs** : en 2014, en millions de t.

<a href="#">AWAC</a> (États-Unis)	16,6	<a href="#">Rio Tinto Alcan</a> (Canada)	8,1
<a href="#">Chalco</a> (Chine)	12,0	<a href="#">Hydro</a> (Norvège)	5,9
<a href="#">UC Rusal</a> (Russie)	7,3	<a href="#">South32</a> (Australie)	5,1

Source : Rapports des sociétés

Le n°1 mondial est AWAC (Alcoa Worldwide Alumina and Chemicals), joint venture entre [Alcoa](#) (60 %) et Alumina Limited (40 %) avec, 8 raffineries installées dans 5 pays : en Australie (voir ci-dessus), au Brésil à São Luis, avec 54 % d'une capacité de 3,5 millions de t/an et Poços de Caldos, avec 390 000 t/an, en Espagne, à San Ciprián, avec 1,5 million de t/an de capacité, au Surinam, à Paranam, avec 2,2 millions de t/an de capacité et aux États-Unis, à Point Comfort, au Texas, avec 2,3 million de t/an de capacité.

[UC Rusal](#), exploite en Russie, les raffineries d'Achinsk avec 887 000 t, en 2014, de Bogoslovsk avec 915 000 t, d'Urals avec 772 000 t, en Irlande, la raffinerie d'Anghinish avec 1,95 million de t, en Jamaïque, la raffinerie de Windalco avec 557 000 t, en Ukraine, la raffinerie de Nikolaev avec 1,46 million de t, et en Australie, 714 000 t avec 20 % de participation dans la raffinerie de Gladstone QAL, dans le Queensland.

[Rio Tinto](#), outre ses raffineries australiennes (voir ci-dessus), produit de l'alumine au Canada, à Jonquières, avec en 2014, 1,444 million de t et à São Luis, au Brésil avec 10 % d'une production de 3,568 millions de t.

[Hydro](#), exploite au Brésil la raffinerie Alunorte, à Barcarena dans l'état de Pará (voir ci-dessus).

[South32](#), exploite, en Australie la raffinerie de Worsley avec, en 2014-15, une production de 3,819 millions de t et possède une participation de 36 % dans la raffinerie de São Luis, avec 1,328 million de t.

**Divers types d'alumines et utilisations** : 90 % de la consommation d'alumine est utilisé pour élaborer l'aluminium, les 10 % restants dans diverses applications : voir [plus loin](#).

**Situation française** : en 2014.

- La production est, en 2013, de 540 000 t de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

- Une seule usine, exploitée depuis août 2012 par [Alteo](#) qui a pris la suite de Rio Tinto Alcan qui avait succédé à Alcan et elle même à Pechiney, est en fonctionnement, à Gardanne (13). Elle traite

de la bauxite importée avec une capacité de production d'alumines de 635 000 t/an destinées à 80 % à des usages non métallurgiques, ce qui en fait le n°2 mondial de production des alumines de spécialité. C'est dans cette usine, en 1894, que fut réalisée la première exploitation industrielle du procédé Bayer.

Les "boues rouges" (173 784 t en 2014) de l'usine, après lavage, sont transportées, depuis 1966, par une canalisation de 30 cm de diamètre sur 40 km et déversées à 7 km au large de Cassis dans une fosse sous-marine de 2 400 m de profondeur. Les rejets en mer pourraient prendre fin en 2016. A Gardanne, les "boues rouges" commencent à être valorisées sous forme d'un produit solide la Bauxaline<sup>®</sup> obtenue après séchage dans un filtre-presse. La production est de 350 t/jour. Ce produit (constitué à environ 50 % de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et 15 % de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> avec un pH de 10) est destiné aux travaux publics (remblais routiers), au bâtiment, à la réhabilitation de centres d'enfouissement de déchets, à l'horticulture comme substrat de cultures...

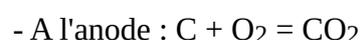
- Importations d'oxyde : 746 088 t, à 71 % d'Irlande, 13 % de Jamaïque.
- Importations d'hydroxyde : 38 587 t, à 51 % d'Allemagne, 16 % des États-Unis, 12 % de Belgique, 10 % des Pays Bas.
- Exportations d'oxyde : 276 386 t, à 16 % vers l'Allemagne, 12 % l'Italie, 9 % Taïwan, 6 % les États-Unis.
- Exportations d'hydroxyde : 87 201 t, à 15 % vers l'Allemagne, 13 % l'Italie, 11 % la Tunisie, 9 % la Turquie, 9 % la Jordanie.

## **ALUMINIUM DE PREMIÈRE FUSION :**

**Fabrication industrielle :** par électrolyse de l'alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) en sel fondu dans des fonderies.

La température de fusion de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> étant très élevée (2 040°C) on ajoute principalement de la cryolithe (AlF<sub>3</sub>·3NaF) pour obtenir une fusion vers 960°C. La [cryolithe](#) est obtenue par synthèse (voir plus loin).

- La composition moyenne d'un bain d'électrolyse est la suivante : 83 % de cryolithe, 7 % de [AlF<sub>3</sub>](#), 5 % de [CaF<sub>2</sub>](#), 5 % de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- La cathode est constituée par le creuset, en [graphite](#), de la cellule d'électrolyse (masse : 50 t, durée de vie : 5 ans). La construction de l'usine d'électrolyse Rio Tinto Alcan de Dunkerque (59), qui a commencé en 1992, a nécessité 9 000 t de produits carbonés pour le garnissage des cuves. Les anodes, généralement précuites, sont en carbone et sont consommées, en moyenne, en 26 jours. Elles sont élaborées à partir de coke de pétrole et de brai, dans l'usine de production d'aluminium. Pour produire en un an 170 000 t d'aluminium il faut 200 000 anodes de 400 kg chacune (voir le chapitre consacré au [carbone](#) et au [graphite artificiel](#)). Les réactions se produisant lors de l'électrolyse sont extrêmement complexes. Globalement, on peut écrire les équations suivantes :



- Caractéristiques de l'électrolyse : tension : 4 V, intensité : 180 000 à 600 000 A (360 000 A à Dunkerque). A Dunkerque, pour une capacité de production de 270 000 t, 264 cuves sont montées

en séries dans 2 halls de 850 m de long. Les cellules ont les dimensions suivantes : longueur de 9 à 16 m, largeur de 3 à 4 m, hauteur de 1 à 1,5 m. Capacités de production jusqu'à 4,5 t de Al/48 h. En 2012, pour une production de 250 000 t, les consommations ont été les suivantes :

- alumine : 491 051 t,
- coke : 96 048 t,
- brai : 19 450 t,
- [électricité](#) : 3 629 GWh,
- [gaz naturel](#) : 223 GWh.

A Dunkerque, l'approvisionnement en énergie représente, en 2014, 23 % des coûts de production.

Les cuves d'électrolyse sont soigneusement capotées afin d'éviter, au maximum, des rejets de produits fluorés. Ces rejets (principalement [HF](#)) atteignaient de 3 à 12 kg de fluor par t d'aluminium dans les années 1950. A Dunkerque, en fixant, par de l'alumine, HF dans les rejets gazeux (3 m<sup>3</sup>/s de gaz émis par cuve) et en formant ainsi AlF<sub>3</sub> qui est recyclé, les émissions de produits fluorés sont, en 2014, de 0,48 kg de fluor/t de Al, soit, avec 130 t, 1 % des émissions totales.

- L'une des usines la plus importante, au monde, située à Bratsk, en Russie, a une capacité de production de 1 006 000 t d'aluminium soit près de 30 % de la production russe. Elle consomme 75 % de l'énergie produite par le barrage voisin situé sur l'Angara.

- Consommations : pour produire 1 t de Al 1<sup>ère</sup> fusion il faut, en moyenne, en Europe, en 2010 :

Bauxite	4 326 kg	Anode (carbone)	440 kg
Hydroxyde de sodium	102 kg	AlF <sub>3</sub>	16 kg
Chaux	81 kg	Énergie	13 000 à 15 000 kWh
Alumine	1 922 kg		

Source : EAA

- Décomposition du prix de revient de Al 1<sup>ère</sup> fusion :

Matières premières	15 %	Main d'œuvre	16 %
<a href="#">Énergie</a>	30 %	Amortissement, frais financiers	39 %

L'énergie, représente 37,5 %, du coût total (incluant extraction minière, transformation en alumine et électrolyse) de l'aluminium primaire produit en Australie. Dans ce pays les coûts se répartissent entre : 4 % pour l'extraction de la bauxite, 25 % pour l'élaboration de l'alumine et 71 % pour l'élaboration de l'aluminium.

Consommation d'énergie selon les différentes sources, en 2014, en GWh :

	Monde	Europe	Amérique du Nord	Chine
le	690,17	113,28	57,13	374,13
roélectricité	211,06	92,56	47,65	37,41
rbon	403,39	9,67	8,62	336,71
naturel	66,75	2,81	0,58	0
léaire	8,01	7,90	7,00	0
ole	0,96	0,33	0,28	0

Source : IAI

- Le prix de l'énergie électrique (environ 1/3 des coûts de production de l'aluminium) est un facteur important dans le choix de l'implantation des usines d'électrolyse. En France, le choix des implantations dans les Alpes (Saint Jean de Maurienne) et les Pyrénées (Lannemezan, arrêtée) a été lié à la production d'hydroélectricité. Le choix du site de Dunkerque a été lié à la proximité de la centrale nucléaire de Gravelines.

Les producteurs disposant de ressources propres en hydroélectricité sont avantagés, par exemple Rio Tinto Alcan au Québec, Rusal en Russie, Hydro en Norvège. Il en est de même pour les producteurs disposant de sources d'énergie peu chères, gaz naturel pour les pays du Golfe, géothermie pour l'Islande. Dans le monde, en 2014, la part d'autoproduction d'énergie est de 49 %, en Europe, de 8 %, en Amérique du Nord de 39 %, en Chine de 60 %.

- La consommation d'énergie était de 80 000 kWh/t à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle (l'intensité d'électrolyse étant de 4 000 A), 21 000 kWh/t en 1950, 17 000 kWh/t en 1980, de 13 500 à 15 000 kWh/t actuellement. En 2014, dans le monde, elle est, en moyenne, de 14 289 kWh/t, en Europe, de 15 513 kWh/t, en Amérique du Nord, de 14 870 kWh/t, en Chine, de 13 596 kWh/t.

- La pureté de l'aluminium de première fusion obtenu est comprise entre 99,5 et 99,9 % de Al.

**Productions** : en 2014, en milliers de t. Monde : 53 127, Union européenne, en 2013 : 1 881.

Chine	27 517	Australie	1 680
Russie	3 500	Norvège	1 200
Canada	2 940	Brésil	960
Emirats Arabes Unis	2 400	Bahrain	930
Inde	2 100	Islande	810
Etats-Unis	1 720	Afrique du Sud	735

Sources : USGC et IAI

De 1888 à 2014, la production totale d'aluminium a été de plus de 1 145 millions de t.

- Dans l'Union européenne, sur les 26 usines en production, en 2007, 11 ont fermé. La production a lieu, en 2013, en Allemagne avec 492 000 t, en France avec 343 000 t, en Espagne avec 250 000 t, en Roumanie avec 250 000 t, en Grèce avec 169 000 t, en Slovaquie avec 163 000 t, en Suède avec 131 000 t, en Slovénie avec 83 000 t, aux Pays Bas avec 81 000 t et au Royaume Uni avec 45 000 t.

- Au Canada, 90 % de la production est réalisée au Québec avec 10 usines, aux États-Unis, en 2014, 9 usines sont en fonctionnement, 11 usines en Russie, 7 en Norvège.

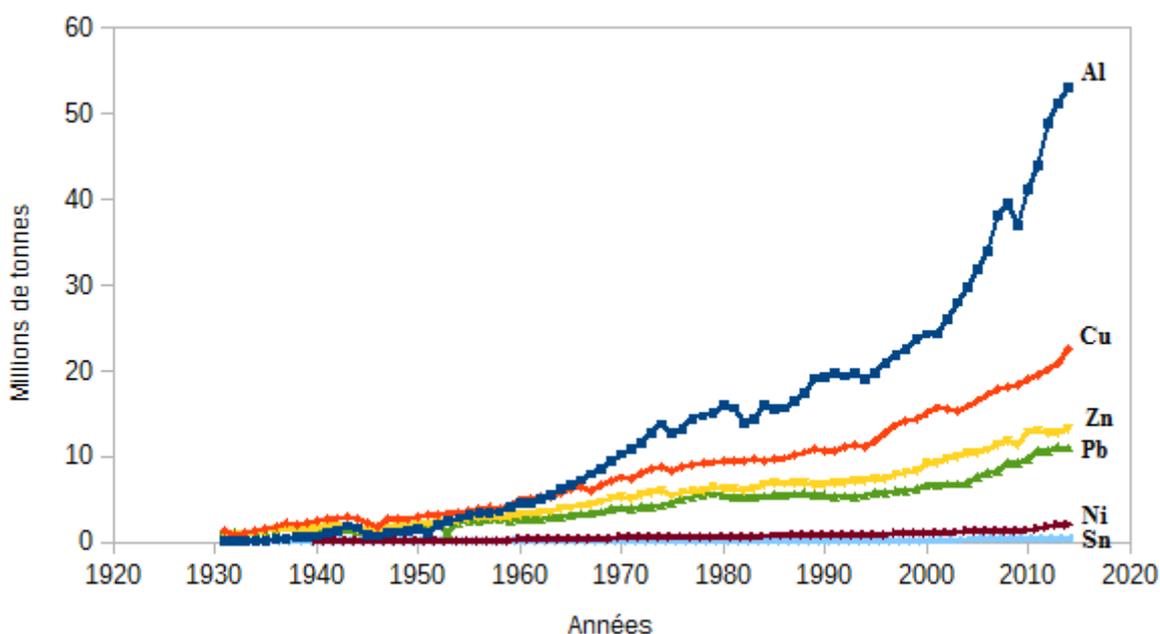
- La production japonaise est actuellement insignifiante (500 t en 2014) alors qu'elle était de 1,6 million de t en 1977. La production d'aluminium de deuxième fusion est par contre importante avec 827 300 t en 2014. Les importations sont de 2,8 millions de t en 2014.

- Évolution de la production mondiale : 1886 : 13 t, 1949 : 1,3 million t, 1973 : 13 millions t, 1995 : 20 millions de t, 2014 : 53 millions de t.

- C'est actuellement le 1<sup>er</sup> métal non ferreux consommé : sa production a dépassé celle de l'étain en 1923, du plomb en 1943, du zinc en 1954, du cuivre en 1958.

**Evolution de la production mondiale de quelques métaux** : en millions de tonnes (aluminium de première fusion et cuivre raffiné non allié) d'après l'Annuaire Statistique Mondial des Minerais et Métaux (SIM et BRGM) jusqu'en 1999 et

l'USGS depuis.



**Producteurs** : en milliers de t de production de Al première fusion, en 2014.

<a href="#">UC Rusal</a> (Russie)	3 601	<a href="#">China Power</a> (Chine)	2 669
<a href="#">China Hongqiao Group</a>	3 590	Xinfa Group (Chine)	2 459
<a href="#">Rio Tinto Alcan</a> (Canada)	3 360	<a href="#">Emirates Global Aluminium</a> (EAU)	2 340
<a href="#">Chalco</a> (Chine)	3 330	<a href="#">Hydro</a> (Norvège)	1 958
<a href="#">Alcoa</a> (Etats-Unis)	3 125	East Group (Chine)	1 700

Sources : Hydro et rapports d'activités des sociétés

[UC Rusal](#), société fondée en 2007 par fusion entre Rusal, Sual et les actifs dans l'aluminium de la société suisse Glencore, regroupe l'essentiel de l'industrie russe de l'aluminium en exploitant des usines d'électrolyse principalement en Russie, à Bratsk avec, en 2014, 1,005 million de t, Krasnoyarsk avec 1,005 million de t, Sayanogorsk avec 514 000 t, Novokuznetsk avec 207 000 t, Khakas avec 287 000 t, Irkutsk avec 394 000 t, Kandalaksha avec 64 000 t, Nadvoitsy avec 12 000 t et en Suède, à Kubikenborg, avec 113 000 t.

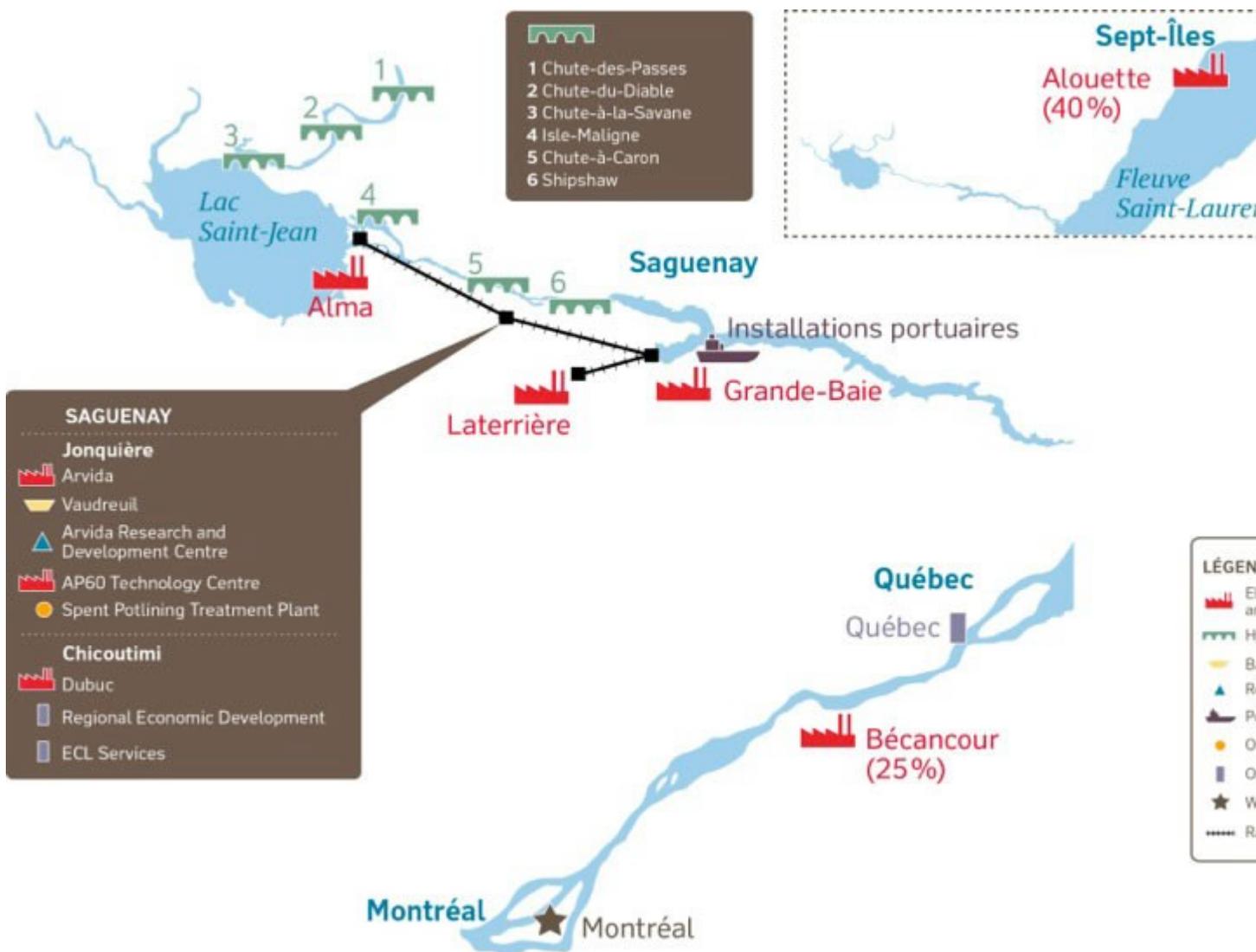
[Rio Tinto](#) a acquis Alcan en 2007 qui avait absorbé Pechiney fin 2003. Les activités de Rio Tinto et Alcan sont regroupées dans [Rio Tinto Alcan](#). Le groupe possède des capacités de production d'hydroélectricité suffisantes pour répondre à la moitié de ses besoins. Les usines de production sont situées :

- au Canada, dans la province du Québec, à Alma, avec 455 000 t, en 2014, Arvida, avec 232 000 t, Grande Baie, avec 222 000 t, Laterrière, avec 244 000 t, Alouette (Sept-Iles), avec 40 % de participation d'une production de 583 000 t, Bécancour, avec 25,1 % d'une production de 446 000 t et dans la province de Colombie Britannique, à Kitimatt, avec 125 000 t.
- en Australie, à Bell Bay, avec 188 000 t, Boyne Island, avec 328 000 t, [Tomago](#), avec 51,6 % d'une production de 561 000 t.
- ainsi qu'en Nouvelle Zélande, à Tiwai Point, avec 79,4 % d'une production de 327 000 t, en France, à Dunkerque, avec 270 000 t, en Islande, à Reyjavik, avec 206 000 t, au Royaume Uni, à Lochaber, avec 42 000 t, en Oman, à Sohar, avec 20 % de 364 000 t.

- et avec des usines vendues au cours de l'année 2014, au Cameroun, à Edea, avec 46,7 % d'une production de 93 000 t et en Norvège, à Husnes, avec 50 %, vendue à Hydro, d'une production de 76 000 t.

Au Québec, les usines de production d'aluminium primaire sont situées soit sur le fleuve Saint-Laurent, à Sept-Îles et Bécancour ou soit sur la rivière Saguenay et la rive du Lac Saint-Jean. La bauxite et les autres matières premières arrivent par le Saint-Laurent et la Saguenay jusqu'au port, en eaux profondes, de Port Alfred. Une voie ferrée de 142 km permet de relier les différentes usines de la société. La bauxite est transformée en alumine à Vaudreuil, proche de Jonquière puis acheminée vers les usines d'électrolyse d'Alma, Arvida, Laterrière et Grande Baie. Environ 90 % de l'énergie électrique nécessaire à l'électrolyse est produite en propre dans 6 centrales hydroélectriques d'une puissance totale de 3 135 MW.

**Carte des implantations de Rio Tinto Alcan au Québec** ([document Rio Tinto Alcan](#) que nous remercions).



Alcoa qui a absorbé Reynolds en 2000, produit de d'aluminium primaire avec, en 2014, une capacité de production de 3,401 millions de t/an.

- aux Etats-Unis, à Evansville, dans l'Indiana, avec une capacité de production de 269 000 t/an, à Massena West, dans l'état de New-York, avec 130 000 t/an, à Rockdale, au Texas, avec 191 000 t/an, et dans l'état de Washington, à Ferndale, avec 279 000 t/an et Wenatchee, avec 184 000 t/an.

- au Canada, dans la province du Québec, à Baie Comeau, avec 280 000 t/an, à Deschambault, avec 260 000 t/an et à Bécancour, avec 74,95 % d'une capacité de production de 413 000 t/an.

- en Espagne, à Avilés, avec 93 000 t/an, à La Corogne, avec 87 000 t/an, et à San Ciprián, avec 228 000 t/an.

- ainsi qu'en Norvège, à Lista, avec 94 000 t/an et Mosjøen, avec 188 000 t/an, en Islande, à FjaÖaál, avec 344 000 t/an, en Australie, à Portland, avec 55 % d'une capacité de production de 358 000 t/an et au Brésil, à São Luis, avec 60 % d'une capacité de production de 447 000 t/an.

Alcoa possède en propre une puissance d'hydroélectricité de 1 702 MW et a produit, en 2014, 13,8 TWh.

[Emirates Global Aluminium](#), est une coentreprise des Emirats Arabes Unis qui regroupe les activités de Dubaï Aluminium et d'Emirates Aluminium. Les usines d'électrolyse sont situées, à Jebel Ali, à Dubaï, avec une capacité de production de 1 million de t/an et à Al Taweelah, à Abu Dhabi, avec une capacité de production de 1,3 million de t/an ce qui en fait la plus grande usine d'électrolyse d'aluminium au monde. Les puissances électriques installées sont respectivement de 2 350 et 3 100 MW et les électrolyse sont réalisées sous 400 000 ou 450 000 A. La production est, à 90 %, exportée.

[Hydro](#), produit de l'aluminium primaire :

- en Norvège, à Suundal, avec en 2014, une production d'aluminium primaire de 347 000 t, à Årdal, avec 202 000 t, à Karmøy, avec 191 000 t, à Høyanger, avec 64 000 t et à Husnes, avec 53 000 t.

- ainsi qu'en Slovaquie, à Ziar nad Hronom, avec 55 % de 168 000 t, au Qatar, avec 50 % de 306 000 t, au Brésil, à Barcarena, avec 51 % de 441 000 t, au Canada, à Alouette, avec 20 % de 117 000 t et en Australie, à [Tomago](#), avec 12,1 % de la société et une part de 70 000 t.

En Norvège, pour approvisionner en électricité ses 5 usines d'électrolyse, Hydro possède 17 usines hydroélectriques avec une production de 10,2 TWh, en 2014.

[South32](#) a produit, un total de 1 million de t d'aluminium primaire, en Afrique du Sud, à Richards Bay, avec en 2014, 699 000 t, au Mozambique, à Maputo, avec une participation de 47,1 % et une production propre de 265 000 t, au Brésil, à São Luis, avec une participation de 40 % et une production propre de 40 000 t.

[Trimet](#), produit de l'aluminium primaire en Allemagne à Essen, avec 165 000 t/an, à Hambourg, avec 130 000 t/an, à Voerde, avec 95 000 t/an et en France, à Saint-Jean de Maurienne (73), avec 145 000 t/an.

**Commerce international** de l'aluminium brut : en 2014.

- Principaux pays exportateurs : en milliers de t, sur un total de 21 334.

Russie	2 830	Chine	667
Canada	2 481	Inde	589
Emirats Arabes Unis	2 058	Afrique du Sud	554
Australie	1 471	Malaisie	522
Norvège	1 327	Etats-Unis	517
Islande	699	Allemagne	406

Source : [ITC](#)

- Principaux pays importateurs : en milliers de t, sur un total de 23 401.

Etats-Unis	3 060	Italie	1 114
------------	-------	--------	-------

Japon	2 824	Turquie	1 094
Allemagne	2 681	Mexique	692
Corée du Sud	1 491	Taiwan	662
Pays Bas	1 411	France	562

Source : [ITC](#)

**Aluminium raffiné** : obtention de Al à 99,99 % (4N), 99,999 % (5N) ou 99,9995 % (5N5).

L'aluminium 4N est principalement utilisé dans la fabrication de condensateurs électriques, l'aluminium 5N est utilisé dans les écrans plats LCD et comme cibles de pulvérisation cathodique dans certaines technologies de fabrication de panneaux solaires, l'aluminium 5N5 est utilisé principalement comme cibles de pulvérisation cathodique dans la fabrication de semi-conducteurs. Deux techniques de raffinage sont utilisées :

- L'électrolyse en sel fondu (raffinage 3 couches) : l'aluminium primaire, densifié grâce à l'addition de 25 à 30 % de [Cu](#) est fondu à 750°C et forme, dans le fond de la cuve d'électrolyse, l'anode. L'électrolyte fondu est situé au-dessus, lui même étant surmonté par l'aluminium raffiné qui forme la cathode. Al est transporté de l'anode à la cathode d'où il est extrait. 2 procédés se différencient par la nature de l'électrolyte. Le procédé Gadeau-Pechiney utilise le mélange : BaCl<sub>2</sub> : 60 %, AlF<sub>3</sub> : 23 %, NaF : 17 %. Ce procédé était utilisé dans l'usine Pechiney de Mercus (09) rachetée successivement par Alcan, en 2003, puis Praxair, en 2006. Cette production a été arrêtée depuis.
- La cristallisation fractionnée, soit par ségrégation, soit par fusion de zone : ce type de raffinage repose sur les équilibres thermodynamiques entre l'aluminium et les différentes impuretés qu'il contient initialement. Les impuretés formant un système binaire eutectique avec l'aluminium ont tendance à être séparées de l'aluminium tandis que les impuretés formant un système binaire péritectiques avec l'aluminium ont tendance à se concentrer dans l'aluminium. Une série de fours de ségrégation permettant d'obtenir des puretés allant de 4N à 5N5 est en activité sur le site [Praxair](#) à Mercus, avec une production comprise entre 300 et 500 t/an.
- En 2011, la production japonaise d'aluminium raffiné est de 50 000 t.

### **RECYCLAGE, ALUMINIUM DE DEUXIÈME FUSION** (ou d'affinage ou secondaire)

Produit à partir de la récupération des déchets d'aluminium ou d'alliages à base d'aluminium.

L'aluminium récupéré provient de deux origines :

- les chutes de fabrication, qui donnent un déchet de composition connue, facilement recyclable, et les résidus de production et transformation du métal qui nécessitent des traitements plus complexes de préparation et d'affinage.
- les objets usagers divers (véhicules, démolitions, [emballages](#)...) qui nécessitent triage manuel et/ou broyage suivi de tri par liqueur dense ou par flottation, avant affinage. La densité des alliages d'aluminium étant comprise entre 2,6 et 3,0, le choix d'une liqueur de densité légèrement supérieure à 3 permet leur récupération. Dans cette gamme de densité, est utilisée la suspension dans l'eau de particules de ferrosilicium qui présentent l'avantage d'être ferromagnétiques et donc de pouvoir être facilement récupérées.

Pour les déchets ménagers et les machefers d'incinération, un triage automatique est mis en œuvre en utilisant un séparateur magnétique à courants de Foucault. Un tambour rotatif (2 600 tours par

minute) muni de puissants aimants permanents génère dans les métaux non ferreux à trier, des courants de Foucault qui créent un champ magnétique opposé au champ qui leur a donné naissance. Les objets en aluminium sont repoussés.

L'automobile est la première source de déchets (95 % de l'aluminium utilisé dans ce secteur est recyclé).

Autre source importante, particulièrement aux Etats-Unis, les boîtes-boisson.

- De 1886 à 2010, sur une production totale d'aluminium de 955,8 millions de t, 727,4 millions de t sont encore en utilisation, à 34 % dans les bâtiments, 27 % dans les transports (dont 16 % dans des automobiles), 28 % dans des équipements électriques et mécaniques, 1 % dans des emballages. Ce stock représentant environ 75 % de l'aluminium produit est susceptible d'être recyclé.

En 2012, l'aluminium recyclé provient à 42 % des transports, 28 % des emballages, 11 % des équipements électriques et mécaniques, 8 % des bâtiments.

- Aux Etats-Unis, en 2012, recyclage de 3,5 millions de t, à 47 % de produits usagés (dont les boîtes-boisson représentent 45 % de la masse totale). Dans ce pays, en 2011, 60,9 milliards de [boîtes-boisson](#) ont été recyclés soit 65,1 %, la consommation ayant été de 93,6 milliards de boîtes. En Europe, en 2012, recyclage de 69,5 % des boîtes boisson en aluminium, avec un taux de 97 % en Belgique et Finlande, de 96 %, en Allemagne, de 65 % au Royaume Uni, de 57 % en France.

- Dans l'Union européenne, en 2010, le recyclage a représenté 4,4 millions de t.

- En France, l'aluminium recyclable représente 500 000 à 600 000 t/an. 70 % de cet aluminium est effectivement recyclé. Les taux de recyclage sont de : 85 % dans le bâtiment, 80 % dans le transport, 70 % dans les applications mécaniques et électriques, 65 % dans l'équipement ménager. Il couvre, en 2011, 47 % des besoins. L'aluminium recyclé est consommé à 60 % dans le secteur des transports.

- La production d'aluminium recyclé est économique : 95 % de l'énergie nécessaire pour produire l'aluminium est économisée : il ne faut que 650 kWh/t de Al. Le recyclage de 1 t d'aluminium économise :

- 2,44 t de bauxite,

- 1,07 m<sup>3</sup> d'eau,

- 26,6 MWh d'énergie,

- 6,9 t de rejets en équivalent CO<sub>2</sub>.

- On distingue d'une part les usines d'affinage qui produisent, en général à partir de déchets, des alliages de moulage (surtout pour l'automobile : bloc-moteur, carters de boîtes de vitesse) et de l'aluminium destiné à déoxyder les [acières](#) et d'autre part des fonderies qui produisent, en général à partir de chutes de fabrication, des alliages de corroyage sous forme de lingots, billettes et plaques.

- En Europe, en 2008, fonctionnaient 273 usines de recyclage, en Amérique du Nord (Etats-Unis et Canada) 316, au Japon, 120, en Chine : 71.

- En France, en 2008, 17 affineries et 15 fonderies fonctionnaient avec 300 000 t de capacité totale. La plus importante est exploitée par [Affimet](#), société du groupe [Aurea](#), à Compiègne (60) qui produit de 50 000 à 80 000 t/an d'alliages d'aluminium.

## **SITUATION FRANÇAISE** : en 2014.

- Productions : 1<sup>ère</sup> fusion : 343 000 t, en 2013, 2<sup>ème</sup> fusion : 490 000 t, en 2011.
- Importations d'aluminium non allié brut : 177 326 t, de Russie à 26 %, d'Afrique du Sud à 11 %, des Emirats Arabes Unis à 10 %, d'Islande à 10 %, du Mozambique à 10 %.
- Exportations d'aluminium non allié brut : 52 151 t, vers l'Allemagne à 58 %, l'Italie à 12 %, la Belgique à 8 %.
- Producteurs d'aluminium primaire :  
[Trimet](#) produit de l'aluminium primaire à Saint Jean de Maurienne (73), avec une capacité de production de 145 000 t/an à l'aide de 180 cuves d'électrolyse.  
Rio Tinto Alcan exploite l'usine d'aluminium primaire de Dunkerque (59), avec une capacité de production de 270 000 t/an.

## **UTILISATIONS** :

**Consommations d'aluminium** totale, avec l'aluminium recyclé, dans le monde, en 2014 : 74,9 millions de t.

En 2014, la consommation chinoise est de 28 millions de t (elle était de 5,1 millions de t, en 2003), celle des Etats-Unis de 5,1 millions de t, celle du Japon, de 3,86 millions de t, de la France, en 2010, de 738 000 t.

**Secteurs d'utilisation** : en %.

	Etats-Unis, en 2014	Europe, en 2013	Monde, en 2014
Transports	38 %	39 %	27 %
<a href="#">Emballages</a>	22 %	17 %	8 %
Equipements électriques et mécaniques	17 %	13 %	22 %
Construction	3 %	24 %	25 %

Source : USGC et IAI

**Formes d'utilisation** : en milliers de t d'aluminium de première et deuxième fusion.

En Europe, en 2011, sur un total de 13,2 millions de t de demi-produits :

- demi-produits laminés : 4,5 millions de t dont 1 million de t de feuilles,
- demi-produits extrudés : 3 millions de t,
- fil, poudre... : 1,2 million de t,
- fonderie : 3,2 millions de t.

## **Utilisations diverses** :

L'aluminium est concurrencé par les [plastiques](#) et les matériaux composites, mais il tend toujours à remplacer l'[acier](#) et la fonte dans l'automobile et la construction ainsi que le [cuivre](#) dans l'électrotechnique : 1 kg d'aluminium assure les mêmes fonctions électriques que 2 kg de cuivre.

- [Boîtes-boisson](#) : production mondiale, en 2013, de 300 milliards de boîtes, en fer blanc ou en aluminium, 5,1 milliards, en France.

Le corps de la boîte en aluminium est en [alliage](#) de la série 3000 (Al-Mn-Mg), le couvercle, plus

épais, en alliage de la série 5000 (Al-Mg). Celui-ci représente 1/4 de la masse de la boîte (le gain de masse du modèle 202 a été obtenu en réduisant le diamètre du couvercle). Actuellement, une boîte de 355 mL pèse 13,13 g, elle pesait 20,38 g en 1973. Le métal entre pour 60 % dans le prix de revient des boîtes en aluminium. La cadence de production peut atteindre 2 000 boîtes par minute.

Aux États-Unis, la consommation a été de 94 milliards de boîtes en 2013 soit 1,2 million de t de Al. 68 % des boîtes sont récupérées après utilisation, représentant 800 000 t d'aluminium, et le métal est [recyclé](#) pour produire de nouvelles boîtes. On estime qu'une boîte est recyclée 4 fois par an. En 2012, la consommation européenne de boîtes-boisson a été de 59 milliards de boîtes avec un taux de [recyclage](#), en 2009, de 64 %.

L'aluminium concurrence l'[acier](#) (voir le chapitre [emballages](#)) pour la fabrication des boîtes-boissons. Aux États-Unis, quasiment toutes les boîtes sont en aluminium. En Europe, de 1980 à 2012, la part de marché de l'aluminium est passé de 24 % à 70 %.

En France la consommation a été de 5,1 milliards de boîtes, en 2014, à 70 % en fer blanc. Une usine de production de boîtes en aluminium, exploitée par [Ball Packaging Europe](#), est située à La Ciotat (13). [Constellium](#), possédé à 39 % par Rio Tinto recycle des boîtes-boisson à Neuf-Brisach (68).

- [Aéronautique et spatial](#) : dans un Airbus A 340, 66 % des 118 t, est en aluminium, 60 % du poids de la structure d'un Airbus A380 est en aluminium. Les [alliages](#) les plus utilisés (à haute résistance mécanique) sont ceux des séries 2000 (Al-Cu) et 7000 (Al-Zn-Mg-Cu). Le réservoir principal d'Ariane V est en aluminium : 23 m de haut, 5 m de diamètre, 2 mm d'épaisseur.

- [Automobiles](#) : dans une voiture, en Europe, il y a, en 2012, en moyenne, 140 kg d'aluminium (28 kg en 1973, 50 kg en 1990) sur un poids total moyen de 1 389 kg. Des voitures telles que Range Rover, Jaguar XJ, Audi A8 en contiennent plus de 500 kg.

Dans les véhicules courants, l'aluminium est présent à 50 % dans les boîtes de vitesse (carters), 30 %, dans le châssis et le moteur (culasse, bloc moteur), 15 % dans la carrosserie, les radiateurs. Environ 50 % des blocs moteurs sont en aluminium et en France, la totalité des culasses.

Les alliages utilisées sont surtout des [alliages de fonderie](#) (l'automobile représente 75 % des utilisations de ces alliages) du type : AS9U3 ou AS7U3 (7-9 % Si, 3 % Cu). Ces alliages sont, en grande partie, élaborés à partir d'[aluminium recyclé](#). En France, l'aluminium utilisé dans les automobiles est recyclé à 90 %.

On assiste au début de l'utilisation, dans les véhicules courants, de parties de carrosseries en aluminium. Par exemple, Ford produit 1,2 million de capots en aluminium par an. De 1953 à 1957, la Dyna Z de Panhard avait une carrosserie en aluminium.

- [Autres utilisations](#) :

- Feuilles minces : épaisseur minimale actuelle : 5,5 micromètres.

- Métallisation, sous vide, de polymères, de papiers, utilisés en emballage alimentaire, condensateurs. Par exemple, les [emballages](#) alimentaires en carton pour conservation du lait sont constitués d'un matériau multicouche : 74 % en masse de papier, 21 % de [polyéthylène](#), 5 % d'aluminium.

- [Sidérurgie](#) : l'aluminium est utilisé pour désoxyder les aciers. Dans les installations les plus récentes de métallurgie en poche, la consommation est réduite à 1 kg de Al/t d'acier.

- Navires à grande vitesse.
- Aluminothermie : dans l'industrie d'élaboration des ferro-alliages (de Mo, de V, de [Ti](#)) et du [chrome](#), ainsi que pour la soudure des rails. Les rails du TGV longs de 18 m sont soudés électriquement, en usine, pour donner des rails de 244 m eux-mêmes soudés sur la voie par aluminothermie. En France, de 130 à 150 000 soudures sont ainsi effectuées par an, soit une consommation de l'ordre de 1 000 t de Al/an.
- Bâtiment : en Europe de l'ouest, en 2006, utilisation de 2,9 millions de t d'aluminium dont 1,7 million de t sous forme de profilés extrudés, 1 million de t de tôles laminées et 200 000 t dans des alliages de fonderie. Réalisations importantes : Institut du Monde Arabe, Arche de la Défense (800 t d'aluminium). L'aluminium pour le bâtiment subit un traitement de surface par anodisation (couche de 5 à 25 micromètres d'oxyde) ou par laquage.
- Poudre d'aluminium : utilisée comme propergol pour les "boosters" de la fusée Ariane (36 t/fusée). Employée pour élaborer les bétons cellulaires. En milieu basique (cas les [ciments](#)) Al donne un dégagement de [dihydrogène](#) qui forme des pores et donc allège le ciment.
- Chimie : production de  $AlCl_3$  par combustion de l'aluminium dans le dichlore. Utilisation comme catalyseur dans les synthèses de Friedel et Crafts.