

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 environ 5 % de [silice](#). Les teneurs sont généralement de 48 à 58 % en Al_2O_3 sous forme principalement de [gibbsite](#) ou d'[hydrargillite](#) (hydroxyde d'aluminium, $Al(OH)_3$) dans les latérites et de [böhmite](#) ou de [diaspore](#) (oxy-hydroxyde d'aluminium, $AlO(OH)$) dans les bauxites.

- Les bauxites renferment une faible teneur, de 30 à 80 ppm, de [gallium](#) et sont la principale source de cet élément. Par exemple, en 2019, avec une production de 17,605 millions de t d'alumine, le groupe chinois Chalco a coproduit 98 t de gallium.
- En Russie, en Sibérie et 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 destinées à l'industrie des [engrais phosphatés](#) ou des minerais riches en alunite ($K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 4Al(OH)_3$). En 2019, la production de néphéline du groupe [UC Rusal](#), en Sibérie, à Kiya Shaltyr, a été de 4,244 millions de t.

Productions minières

En 2019, la production mondiale s'élevait à 353,772 millions de t de bauxite et celle de l'Union européenne (principalement en Grèce) à 1,929 million de t, en 2018.

en milliers de t de bauxite

Australie	105 176	Indonésie	16 593
Guinée	70 173	Jamaïque	9 022
Chine	68 400	Russie	5 572
Brésil	31 938	Arabie Saoudite	4 781
Inde	22 307	Kazakhstan	3 812

Source : « Commodity markets outlook », World Bank, oct. 2020

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, quasi exclusivement vers la Chine, a vu sa production chuter à 2,6 millions de t, en 2014, du fait de l'interdiction d'exportation de la bauxite afin de développer son secteur industriel et en particulier sa transformation sur place. Afin d'approvisionner la Chine, la Malaisie a pris le relai,

avec une production de 24,187 millions de t, en 2015, mais après une restriction des exportations de ce pays, c'est actuellement la Guinée qui a développé sa production afin d'assurer une grande partie des besoins de la Chine.

Exploitations minières australiennes

La deuxième plus importante mine de bauxite au monde est celle de [Huntly](#), propriété d'AWAC (Alcoa World Alumina and Chemicals), détenu à 60 % par [Alcoa](#) et 40 % par la société australienne [Alumina Limited](#), 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 28 à 33 %) 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](#). En 2019, la production des deux mines a été de 34,7 millions de t de bauxite. La mine de Huntly alimente les usines australiennes d'élaboration d'alumine de Pinjarra et Kwinana, celle de Willowdale, l'usine de Wagerup. Les réserves prouvées et probables dans le Darling Range sont de 128,2 millions de t renfermant en moyenne 32,9 % d'alumine.

La société [South32](#) possède à 86 %, les 14 % restants étant détenus par des intérêts japonais, sur le même gisement, la mine de Boddington, avec une capacité de production de 18 millions de t/an. En 2019, la part de South32 a représenté 15,9 millions de t. La bauxite, avec une production de 3 200 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, puis l'alumine est transportée par 55 km de voie ferrée jusqu'au port de Bunburry pour être exportée. Les réserves prouvées et probables, au 30 juin 2020, sont de 257 millions de t renfermant 27,7 % de Al_2O_3 .

Toujours en Australie, [Rio Tinto](#), exploite des gisements plus riches (à plus de 50 % d'alumine) à Weipa (Queensland) et Gove (Territoire du Nord). La mine de Weipa, plus importante mine de bauxite au monde, exploite depuis 1961, une bauxite constituée à 55 % de gibbsite et 14 % de böhmite, avec des réserves prouvées et probables de 1,399 milliard de t à 53 % de Al_2O_3 et une production, en 2019, de 35,411 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 131 millions de t à 49,3 % de Al_2O_3 , a produit, en 2019, 12,201 millions de t.

Exploitations minières guinéennes

La Guinée possède les plus importantes réserves au monde et sa production est presque 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, 10 % [Dadco](#)) et à 49 % par l'État guinéen. Les réserves prouvées et probables sont de 428 millions de t à 47,1 % de Al_2O_3 , avec une production, en 2019, de 13,701 millions de t, transportée par voie ferrée sur 135 km jusqu'au port de Kamsar.

Le groupe russe [UC Rusal](#) a produit, en 2019, 7,205 millions de t avec l'exploitation du gisement de Kindia avec une production de 3,121 millions de t, celle du complexe de Friguia, construit par

Pechiney en 1957 et vendu en 1997, avec une production de 1,304 million de t et celle du projet Dian-Dian, dans la région de Boké, avec une production de 2,780 millions de t et des réserves de 564 millions de t renfermant 59 % de Al_2O_3 .

La [Société Minière de Boké \(SMB\)](#), contrôlée, à 22,5 %, par le groupe chinois [China Hongqiao](#) associé au transporteur singapourien [Winning International Group](#), avec 40,5 %, au transporteur terrestre [UMS International](#), avec 27 % et pour 10 % à l'État guinéen a débuté sa production mi-2015, avec, en 2018, une production de 36 millions de t totalement exportées vers la Chine. Le minerai est acheminé par voie routière jusqu'à 2 ports, Katougouma et Dapilon, sur le fleuve Nunez, puis sur des barges de 8 000 t jusqu'aux navires mouillés en haute mer, la Guinée ne disposant pas de port en eaux profondes, pour être livré au port de Yantai, en Chine. La SMB a en projet la construction d'une voie ferrée de 135 km pour acheminer le minerai et d'une raffinerie pour transformer la bauxite en alumine. L'objectif de la SMB est de produire 50 millions de t en 2024.

[Guinea Alumina Corporation](#), filiale du groupe des Émirats Arabes Unis, [Emirates Global Alumina \(EGA\)](#), développe toujours sur le gisement de Boké, un projet de mine d'une capacité de 12 millions de t/an de bauxite. Les premières exportations ont eu lieu en août 2019.

Le groupe chinois [Chalco](#) développe le projet de la mine de Boffa, avec 12 millions de t/an prévues et les premières exportations ont eu lieu en janvier 2020.

Divers autres projets sont développés par exemple par la société française [Alliance Minière Responsable](#).

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](#), la production de Vale étant destinée à Hydro, 18,2 % par Alcoa (dont 9,6 % à travers AWAC), 14,8 % par South32, 12 % par Rio Tinto, 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 33 millions de t à 48,3 % 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 2019, la production est de 11,060 millions de t.

Le gisement de Paragominas, situé dans l'est de l'État de Pará, est exploité depuis 2007 par le groupe [Hydro](#). Il s'étend sur 1 000 km² 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. En 2019, la production a été de 7,4 millions de t.

Le gisement de Juruti, dans l'ouest de l'État de Pará est exploité depuis 2009 par AWAC. En 2019, la production est de 6,0 millions de t et les réserves prouvées et probables, de 98,9 millions de t renfermant 46,2 % de Al_2O_3 . Le minerai est principalement destiné à alimenter l'usine de production d'alumine Alumar, à São Luis.

Principaux producteurs

En 2019, les principaux producteurs sont les suivants :

en millions de t			
Rio Tinto (Canada)	55,1	UC Rusal (Russie)	16,0
AWAC (États-Unis, Australie)	47,4	Chalco (Chine)	14,8
South32 (Australie)	17,5	Hydro (Norvège)	8,0

Sources : rapports des sociétés

- [Rio Tinto](#), exploite en Australie la mine de Gove, avec, en 2019, une production de 12,201 millions de t et celle de Weipa, avec 35,411 millions de t, au Brésil, la part de Rio Tinto, 12 %, sur la mine de Porto Trombetas est de 1,327 million de t, en Guinée, la part de Rio Tinto, de 23 % dans le capital et de 45 % pour la production, dans l'exploitation de la mine de Boké est de 6,165 millions de t.
- [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 2019, une production de 34,7 millions de t, au Brésil au travers d'une participation de 18,2 % dans la mine de Porto Trombetas, avec 2,2 millions de t et de l'exploitation des mines de Pocos de Caldas et de Juruti, avec 6,3 millions de t, en Guinée au travers d'une participation dans la mine de Boké, avec 3,0 millions de t et en Arabie Saoudite, à Al Ba'itha, au travers d'une participation de 25,1 % dans [Ma'aden](#), avec une part de 1,2 million 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 18 millions de t/an, avec 86 % de participation, la part de South32, en 2019, est de 15,9 millions de t. Par ailleurs, possède une participation de 14,8 % dans la mine de Porto Trombetas, au Brésil, avec, en 2019, une part de 1,6 million 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, avec une production, en 2019, de 3,221 millions de t et celles du Nord de l'Oural, avec une production de 2,353 millions de t, en Guinée, les exploitations minières de Kindia, Friguia et Dian-Dian ont produit 7,205 millions de t, en Jamaïque, le complexe de Windalco a produit 1,856 million de t, au Guyana, la Bauxite Company of Guyana, détenue à 90 % a produit 1,412 million de t.
- [Chalco](#), exploite 18 mines en Chine avec des réserves prouvées et probables de 252,8 millions de t d'un minerai renfermant 59,79 % de Al_2O_3 . Possède également à 60 % une mine au Laos et 3 mines en Indonésie, dont la production est suspendue. Par ailleurs, développe le projet de Boffa, en Guinée, avec une participation de 85 %, de 12 millions de t/an qui a commencé à produire début 2020. En 2019, a fourni 14,791 millions de t de bauxite à ses propres raffineries et s'est procuré par ailleurs 24,500 millions de t par des achats extérieurs.
- [Hydro](#), au Brésil, exploite la mine de Paragominas, avec une production, en 2019, de 7,4 millions de t et possède une participation de 5 % dans le capital et de 45 % pour la production avec la part de Vale dans la production de la mine de Porto Trombetas.

Commerce international

Principaux pays exportateurs

En 2019, les exportations minières s'élevaient à 136,221 millions de t, réparties comme suit :

en milliers de t

Guinée	60 549	Guyana	2 060
Australie	39 759	Sierra Leone	1 696
Indonésie	15 500	Turquie	1 457
Brésil	7 105	Iles Salomon	1 234
Jamaïque	3 036	Inde	1 208

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, devenir insignifiantes en 2015, puis reprendre à un niveau moindre depuis. L'arrêt des exportations indonésienne a entraîné une augmentation fulgurante de la production de la Malaisie et de ses exportations avec 27,9 millions de t, en 2015, destinées à 99 % à la Chine. Depuis 2017, la Guinée a pris le relai pour approvisionner la Chine.

En 2019, les exportations australiennes sont destinées à 98 % à la Chine.

Principaux pays importateurs

Les importations de 2019 représentaient un total de 133,993 millions de t, réparties principalement dans les pays suivants :

en milliers de t

Chine	100 665	Émirats Arabes Unis	3 236
États-Unis	4 991	Allemagne	2 550
Irlande	4 730	Inde	2 472
Espagne	4 159	Roumanie	1 545
Canada	3 680	Ukraine	1 443

Source : ITC

Les importations de la Chine proviennent à :

- 44 % de Guinée,
- 36 % d'Australie,
- 14 % d'Indonésie.

Les importations des États-Unis proviennent à :

- 66 % de Jamaïque,
- 16 % du Brésil,
- 8 % de Turquie.

Les importations de l'Union européenne ont été, en 2019, de 14,997 millions de t.

Réserves mondiales de bauxite

Les réserves sont de 30 milliards de t en 2019, situées principalement dans les pays suivants :

En millions de t

Guinée	7 400	Indonésie	1 200
Australie	6 000	Chine	1 000
Vietnam	3 700	Guyana	850
Brésil	2 600	Inde	660
Jamaïque	2 000	Russie	500

Source : USGC

Situation française

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. Une faible production (70 000 t, en 2013) est destinée à des applications non métallurgiques.

En 2019, les importations s'élevaient à 1,303 million de t en provenance de Guinée à 70 %, de Grèce à 21 % et de Chine à 4 %, tandis que les exportations étaient de 92 636 t vers l'Allemagne à 34 %, l'Italie à 16 %, la Pologne à 11 %, la Belgique à 11 %, la Suisse à 10 %.

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 2017, aux États-Unis, sur un total de 3,510 millions de t de bauxite consommée, la production d'alumine a utilisé 3,34 millions de t, les autres secteurs industriels (produits réfractaires, abrasifs et chimie), 169 000 t.

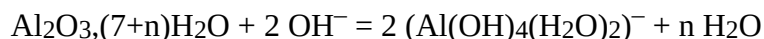
Élaboration de l'alumine

Fabrication industrielle

La fabrication industrielle 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 m³. L'alumine calcinée est obtenue par chauffage à 1200°C.

En 2017, il y a 80 raffineries, dans le monde. En Chine le nombre est passé de 7 usines, en 2001 à 49 usines en 2011.

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, 182 millions de t/an. Au total, cela représente depuis l'exploitation du procédé Bayer, 3 milliards de t.

Composition des résidus de traitement de la bauxite :

Fe ₂ O ₃	20 à 45 %	CaO	0 à 14 %
Al ₂ O ₃	10 à 22 %	SiO ₂	5 à 30 %
TiO ₂	4 à 20 %	Na ₂ O	2 à 8 %

Sources : IAI et EAA

Consommations

Pour produire 1,9 t de Al₂O₃ (qui donne 1 t de Al) il faut :

Bauxite	4 à 5 t	Chaux	200 kg	Énergie :	380 kWh
Eau	13,5 t	NaOH	210 kg		

Par exemple, la répartition des coûts de production, dans la raffinerie Alunorte, exploitée par Hydro, au Brésil, est, en 2017, la suivante :

Énergie	30 %	Hydroxyde de sodium	15 %
Bauxite	40 %	Divers	15 %

Source : Hydro

Productions

En 2019, la production mondiale s'élève à 131,910 millions de t de Al₂O₃ dont 5,483 millions de t, pour l'Union européenne. Les principaux pays producteurs sont les suivants :

En milliers de t de Al ₂ O ₃			
Chine	73 000	Jamaïque	2 100
Australie	20 000	Irlande	1 875
Brésil	8 900	Arabie Saoudite	1 800

Inde	6 700	Ukraine	1 715
Russie	2 700	États-Unis	1 600

Source : USGC, IAI et rapports des sociétés productrices

La **production chinoise**, en 2016, était de 60,827 millions de t dont 58,382 millions de t d'alumine métallurgique et 2,445 millions de t d'alumine non métallurgique. En 2000, la production chinoise totale était de 4 millions de t.

Production australienne : en 2019 :

- Alcoa, à travers AWAC, a produit 9,555 millions de t dans ses raffineries de Pinjarra avec 4,678 millions de t, Kwinana avec 2,066 millions de t et Wagerup avec 2,811 millions de t situées dans l'Ouest.
- [Rio Tinto](#), a produit, en 2019, 5,854 millions de t dans les raffineries de Gladstone QAL, dans le Queensland avec 80 % de la production soit 2,763 millions de t, alimentée par la bauxite du gisement de Weipa et Gladstone Yarwun, dans le Queensland avec 3,091 millions de t.
- [South32](#) a produit, en 2019-20, 3,886 millions de t, avec une participation de 86 % dans la raffinerie de Worsley, en Australie de l'Ouest.
- UC Rusal a produit 691 000 t avec 20 % de participation dans la raffinerie de Gladstone QAL.

Production brésilienne : la raffinerie d'Alunorte, détenue à 92 % par [Hydro](#), située à Barcarena, dans l'État de Pará, a produit, en 2019, de 4,5 millions de t. 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, à 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](#), a produit, en 2019, 3,679 millions de t.

Dans l'**Union européenne**, il y a, en 2019, 7 usines de production, dont une dans chacun des pays suivants :

- France, à Gardanne (13) exploitée par [Alteo](#) avec 635 000 t/an,
- Allemagne, à Stade, exploitée par [Dadco](#) avec une capacité de 1 million de t/an,
- Espagne à San Ciprian, exploitée par [AWAC](#) avec 1,595 million de t, en 2019,
- Irlande, à Anghinish, exploitée par [UC Rusal](#) avec 1,893 million de t en 2019,
- Grèce, à Distomon exploitée par [Mytilineos](#) avec 820 100 t, en 2019,
- Hongrie, à Ajka exploitée par [MAL Magyar](#),
- Roumanie, à Tulcea, exploitée par [Alum](#), filiale du groupe [Vitmecco](#), avec 460 911 t en 2019. La raffinerie est approvisionnée avec de la bauxite provenant de la mine de Sierra Leone du groupe qui a produit, en 2019, 1,884 million de t de bauxite.

Producteurs

Les **principaux producteurs** sont, en 2019, les suivants :

en millions de t.

Chalco (Chine)	17,6	Rio Tinto (Canada)	7,7
AWAC (États-Unis)	13,3	Jinjiang Group (Chine)	6,4
Hongqiao Group (Chine)	12 à 13	South32 (Australie)	5,3
Xinfa Group (Chine)	12 à 13	Hydro (Norvège)	4,5
UC Rusal (Russie)	7,9	SPIC (Chine)	2,7

Sources : [Al Circle](#) et rapports des sociétés

- [Chalco](#), en 2019, possède, en Chine, une capacité de production de 18,86 millions de t/an avec l'exploitation de 10 raffineries qui ont produit 17,6 millions de t d'alumine, 13,8 millions de t destinées à la métallurgie de l'aluminium et 3,8 millions de t destinées à d'autres applications. Le groupe a été approvisionné par 39,291 millions de t de bauxite provenant à 37,6 % de ses propres mines. Chalco a produit, en 2019, 21,9 % de l'alumine chinoise.
- [AWAC](#) (Alcoa Worldwide Alumina and Chemicals), joint venture entre [Alcoa](#) (60 %) et [Alumina Limited](#) (40 %) exploite 5 raffineries en Australie (voir ci-dessus), au Brésil à São Luis avec 39,96 % de Alumar et 1,470 million de t, en Espagne, à San Ciprián, avec 1,595 million de t et possède une participation de 25,1 %, dans Ma'aden, en Arabie Saoudite avec une part de 0,44 million de t.
- [UC Rusal](#), exploite en Russie, les raffineries d'Achinsk, avec, en 2019, 823 000 t, de Bogoslovsk, avec 1,017 million de t et d'Urals avec 915 000 t, en Irlande, la raffinerie d'Anghinish avec 1,893 million de t, en Jamaïque, la raffinerie de Windalco avec 461 000 t, en Ukraine, la raffinerie de Nikolaev avec 1,690 million de t, en Guinée, la raffinerie de Friguia qui a redémarré en 2018, avec 368 000 t et en Australie, 691 000 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 2019, 1,522 million de t et à São Luis, au Brésil avec 10 % de la production, soit 368 000 t.
- [South32](#), exploite, en Australie la raffinerie de Worsley avec, en 2019-20, une production de 3,886 millions de t et possède une participation de 36 % dans la raffinerie de São Luis, au Brésil, avec 1,383 million de t.
- [Hydro](#), exploite au Brésil la raffinerie Alunorte, à Barcarena dans l'état de Pará (voir ci-dessus).

Commerce international

Pays exportateurs

Les principaux pays exportateurs sont, en 2019, sur un total de 37,527 millions de t :

en milliers de t			
Australie	17 044	Inde	1 361
Brésil	7 025	Indonésie	1 081
Jamaïque	2 174	Espagne	877
Irlande	1 891	Kazakhstan	766
Ukraine	1 690	Vietnam	511

Source : ITC

Pays importateurs

Les principaux pays importateurs sont, en 2019, sur un total de 34,888 millions de t :

en milliers de t			
Émirats Arabes Unis	5 250	États-Unis	1 682
Russie	4 928	Chine	1 645
Canada	3 972	Islande	1 598
Norvège	2 511	Malaisie	1 501
Inde	2 431	Afrique du Sud	1 370

Source : ITC

Les importations des Émirats Arabes Unis proviennent à 81 % d'Australie, 8 % du Vietnam, 7 % d'Inde.

Les importations de l'Union européenne ont été, en 2018, de 3,148 millions de t pour 3,774 millions de t d'exportations.

Divers types d'alumines

On distingue (voir les chapitres correspondants) :

- Les [alumines hydratées](#),
- Les [alumines de transition](#),
- L'[alumine alpha ou corindon](#).

Secteurs d'utilisation

En 2019, sur une production mondiale de 131,910 millions de t, 123,525 millions de t d'alumine ont été destinées à l'élaboration de l'aluminium et 8,385 millions de t à des applications non métallurgiques.

Les principaux secteurs d'utilisation, hors matière première pour la fabrication de l'aluminium (95 % de la consommation d'alumine est utilisé pour élaborer l'aluminium), sont les suivants :

Matériaux réfractaires	25 %	Charges de papiers, plastiques	12 %
Traitement de l'eau, papeteries	25 %	Fondant (industrie de Al)	12 %
Adsorbant, catalyseur	12 %	Abrasif, verres, émaux	12 %

Situation française

La production est, en 2017, de 300 000 t de Al_2O_3 .

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, étaient 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. Depuis le 1^{er} janvier 2016, les « boues rouges »

sont filtrées, les résidus solides sont soit stockés à terre sur le site de Mange-Garri à Bouc Bel Air soit valorisés sous forme d'un produit solide la [Bauxaline](#)[®] obtenue après séchage dans un filtre-pressé. La production est de 350 t/jour. Ce produit (constitué à environ 50 % de Fe₂O₃ et 15 % de Al₂O₃ 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... La solution obtenue après filtration est pour l'instant évacuée dans la fosse de Cassis après, depuis mars 2019, un traitement au [dioxyde de carbone](#) qui permet une neutralisation et une diminution des concentrations en aluminium et en arsenic.

Début 2021, a été annoncée la prise de contrôle d'Alteo par le groupe guinéen [United Mining Supply](#) avec l'arrêt à terme de l'exploitation du procédé Bayer, l'alumine étant achetée à l'étranger.

Commerce extérieur : en 2019.

- Oxyde :
 - Exportations : 326 316 t à 17 % vers la Belgique, 13 % vers l'Allemagne, 10 % l'Italie, 8 % le Japon.
 - Importations : 738 353 t à 81 % d'Irlande, 8 % de Grèce, 4 % d'Espagne.
- Hydroxyde :
 - Exportations : 23 181 t à 38 % vers l'Italie, 24 % le Maroc, 9 % l'Allemagne, 6 % la Suisse.
 - Importations : 53 188 t à 33 % d'Allemagne, 19 % de Grèce, 17 % des États-Unis, 11 % des Pays Bas.

Élaboration de l'aluminium

Par électrolyse de l'alumine, en sel fondu, dans des fonderies.

La température de fusion de Al₂O₃ étant très élevée (2 040°C) on ajoute principalement de la cryolithe (AlF₃3NaF) pour obtenir une fusion vers 960°C. La cryolithe est obtenue par synthèse (voir le produit [alumine hydratée](#)).

- La composition moyenne d'un bain d'électrolyse est la suivante : 83 % de cryolithe, 7 % de AlF₃, 5 % de CaF₂, 5 % de Al₂O₃.
- La cathode est constituée par le creuset, en graphite, de la cellule d'électrolyse qui possède une masse de 50 t pour une durée de vie de 5 ans. Par exemple, 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 pré-cuites, 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 [graphite](#) artificiel). Les réactions se produisant lors de l'électrolyse sont extrêmement complexes. Globalement, on peut écrire les équations suivantes :
 - A la cathode : $\frac{2}{3} \text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{4}{3} \text{Al} + \text{O}_2$
 - A l'anode : $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$
- Caractéristiques de l'électrolyse : tension : 4 V, intensité : 180 000 à 600 000 A (390 000 A puis 415 000 A à compter de 2021, 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. Les capacités de production, par cuve, peuvent atteindre 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 m³/s de gaz émis par cuve) et en formant ainsi AlF₃ qui est recyclé, les émissions de produits fluorés sont, en 2014, de 0,48 kg de fluor/t de Al, soit 130 t. Au niveau mondial les émissions sont, en 2018, de 0,56 kg de fluor/t de Al, soit, 37 000 t.

L'une des usines la plus importante, au monde, située à Bratsk, en Russie, a produit, en 2019, 1 008 000 t d'aluminium soit 26 % 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^{ère} fusion** il faut, en moyenne, en Europe, en 2010 :

Bauxite	4 326 kg	Anode (carbone)	440 kg
Hydroxyde de sodium	102 kg	AlF ₃	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^{ère} fusion :

Matières premières	15 %	Main d'œuvre	16 %
Énergie	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 2019, en TWh :

	Monde	Europe	Amérique du Nord	Chine
Totale	848,485	116,450	54,981	484,342
Hydroélectricité	210,154	93,055	45,169	37,294
Charbon	509,393	6,153	7,464	426,705
Gaz naturel	90,733	2,062	0,677	0
Nucléaire	13,828	7,258	0,758	5,812

Autres renouvelables 23,099 6,754 0,885 14,530

Source : IAI

La consommation d'énergie était de 80 000 kWh/t à la fin du XIX^{ème} 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 15 500 kWh/t actuellement. En 2019, dans le monde, elle est, en moyenne, de 14 255 kWh/t, en Europe, de 15 474 kWh/t, en Amérique du Nord, de 15 499 kWh/t, en Chine, de 13 531 kWh/t.

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 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 2019, la part d'autoproduction d'énergie est de 54,9 %, en Europe, de 2,8 %, en Amérique du Nord de 48,0 %, en Chine de 65,2 %.

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

Aluminium raffiné

A côté de la principale qualité d'aluminium, comprise entre 99,5 et 99,9 %, il y a des besoins en aluminium raffiné 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 : BaCl₂ : 60 %, AlF₃ : 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, en France, sur le site [Praxair-Linde](#) à Mercus (09), avec une production comprise entre 300 et 500 t/an.

Productions d'aluminium primaire

La production mondiale s'élevait, en 2019, à 64,285 millions de t dont 2,330 millions de t pour l'Union européenne. Les principaux pays producteurs sont les suivants :

en milliers de t			
Chine	35 044	Vietnam	1 374
Russie	3 896	Bahreïn	1 365
Inde	3 524	Norvège	1 279
Canada	2 854	États-Unis	1 126
Émirats Arabes Unis	2 579	Arabie Saoudite	967
Australie	1 570	Malaisie	760

Source : « Commodity markets outlook », World Bank, oct. 2020

De 1888 à 2018, la production totale d'aluminium a été de plus de 1 400 millions de t.

Usines de production

Dans le monde il y a 231 usines de production d'aluminium primaire dans 45 pays.

- Dans l'**Union européenne**, 16 usines fonctionnent, en 2019. Sur les 26 usines en production, en 2007, 11 ont fermé.

La production a lieu, en 2019, en :

- Allemagne, avec 507 900 t, à Hamburg, Essen, Voerde, par [Trimet](#) et Neuss, par Alunorf détenu à 50/50 par [Hydro](#) et [Novelis](#),
 - Espagne, avec 470 400 t, à San Ciprian, par [Alcoa](#) et La Corogne et Aviles, par le [Groupe Riesgo](#),
 - France, avec 379 200 t, à Dunkerque par [Alvance Aluminium](#) et Saint Jean de Maurienne par [Trimet](#),
 - Roumanie, à Slatina avec 280 300 t, par [Alro](#), filiale de [Vimetco](#),
 - Grèce, à Distomon avec 184 800 t, par [Aluminium of Greece](#),
 - Slovaquie, avec 174 800 t, à Ziar nad Hronom, par [Hydro](#),
 - Suède, à Kubikenborg avec 120 000 t, par [UC Rusal](#),
 - Slovénie, à Kidricevo avec 84 000 t, par [Talum](#), détenue à 86 % par le [Groupe Eles](#),
 - Pays Bas, à Delfzijl avec 81 100 t, par le groupe [Klesch](#),
 - Royaume Uni, à Lochaber avec 48 000 t, par le groupe [Gupta](#), via la société [Alvance Aluminium](#).
- au **Canada**, 90 % de la production est réalisée au Québec avec 8 usines,
 - aux **États-Unis**, 7 usines sont en fonctionnement,
 - 11 usines en **Russie**,
 - 7 en **Norvège**.

La production japonaise primaire est actuellement nulle alors qu'elle était de 1,6 million de t en 1977. La production d'aluminium de deuxième fusion est par contre importante avec 795 400 t en 2019. Les importations sont de 2,588 millions de t d'aluminium brut allié et non allié.

Évolution de la production mondiale :

1886	1949	1973	1995	2012	2019
13 t	1,3 million t	13 millions t	20 millions de t	45 millions de t	64 millions de t

C'est actuellement le 1^{er} 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.

Évolution 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

Les principaux producteurs d'aluminium de première fusion, en 2019, sont les suivants :

en milliers de t

China Hongqiao Group	5 644	Emirates Global Aluminium (EAU)	2 600
Chalco (Chine)	3 788	Alcoa (États-Unis)	2 135
UC Rusal (Russie)	3 757	Hydro (Norvège)	2 038
Xinfa Group (Chine)	3 400	Vedanta (Inde)	1 904
Rio Tinto (Canada)	3 171	East Hope Group (Chine)	1 800

Sources : Hydro et rapports d'activités des sociétés

- [Chalco](#), possède, en 2019, en Chine, d'une capacité de production de 4,591 millions de t d'aluminium, avec 10 unités de production, la plus importante, celle de Baotou Aluminium, de 1,340 million de t/an ayant produit 1,315 million de t.
- [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, avec un total, en 2019 de 3,757 millions de t, en Russie à Bratsk avec, 1,008 million de t, Krasnoyarsk avec 1,018 million de t, Sayanogorsk avec 539 000 t, Novokuznetsk avec 215 000 t, Khakas avec 294 000 t, Irkutsk avec 422 000 t, Kandalaksha avec 72 000 t, Volgograd avec 64 000 t et en Suède, à Kubikenborg, avec 120 000 t.
- [Rio Tinto](#) a acquis Alcan en 2007 qui avait absorbé Pechiney fin 2003. 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 472 000 t, en 2019, Arvida, avec 235 000 t, Grande Baie, avec 233 000 t, Laterrière, avec 257 000 t, Alouette (Sept-Îles), avec 40 % de participation d'une production de 602 000 t, soit 241 000 t, Bécancour, avec 25,1 % d'une production de 77 000 t, soit 19 000 t et dans la province de Colombie Britannique, à Kitimatt, avec 385 000 t,
 - en Australie, à Bell Bay, avec 189 000 t, Boyne Island, avec 59,4 % d'une production de 499 000 t, soit 296 000 t, [Tomago](#), avec 51,6 % d'une production de 588 000 t, soit 303 000 t,
 - en Nouvelle-Zélande, à Tiwai Point, avec 79,4 % d'une production de 351 000 t, soit 279 000 t,
 - en Islande, à Reyjavik, avec 184 000 t,
 - en Oman, à Sohar, avec 20 % de 391 000 t, soit 78 000 t.

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

Au Québec, les usines de production d'aluminium primaire sont situées soit sur le fleuve Saint-Laurent, à Sept-Îles et Bécancour 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.

- [Emirates Global Aluminium](#), est une coentreprise des Émirats 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 avec 1 577 cellules et à Al Taweelah, à Abu Dhabi, avec une capacité de production de 1,3 million de t/an avec 1 200 cellules ce qui en fait la plus grande usine d'électrolyse d'aluminium au monde. La pureté moyenne de l'aluminium obtenu est de 99,91 %. 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.
- [Alcoa](#) produit de d'aluminium primaire avec, en 2019, une capacité de production de 3,993 millions de t/an dont 766 000 t sont à l'arrêt.
 - aux États-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, et dans l'état de Washington, à Ferndale, avec 279 000 t/an et Wenatchee, avec 146 000 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, soit 310 000 t/an,
 - en Espagne, à San Ciprián, avec 228 000 t/an,
 - en Norvège, à Lista, avec 94 000 t/an et Mosjøen, avec 188 000 t/an,
 - en Islande, à Fjaðaál, avec 344 000 t/an,
 - en Australie, à Portland, avec 55 % d'une capacité de production de 358 000 t/an, soit 197 000 t/an,
 - au Brésil, à São Luis, avec 60 % d'une capacité de production de 447 000 t/an, soit 268 000 t/an.

En novembre 2016, Alcoa a séparé ses activités en deux sociétés, l'une gardant le nom d'Alcoa avec les productions minières, d'alumine, d'aluminium primaire et la production d'énergie, l'autre, [Arconic](#), regroupant les activités de transformation de l'aluminium et la production secondaire.

Alcoa possède en propre une puissance d'hydroélectricité de 1 471 MW et a produit, en 2018, 9,517 TWh.

- [Hydro](#), produit de l'aluminium primaire :
 - en Norvège, à Suundal, avec en 2019, une capacité de production d'aluminium primaire de 421 000 t/an, à Årdal, avec 201 000 t/an, à Karmøy, avec 271 000 t/an, à Høyanger, avec 66 000 t/an et à Husnes, avec 193 000 t/an,
 - en Slovaquie, à Ziar nad Hronom, avec 55,3 % de 175 000 t/an,
 - en Allemagne, à Neuss, avec 50 % de Alunorf, et 235 000 t/an,
 - au Qatar, avec 50 % de 318 000 t/an,

- au Brésil, à Albras, avec 50 % de 460 000 t/an,
- au Canada, à Alouette, avec 20 % de 122 000 t/an,
- en Australie, à [Tomago](#), avec 12,4 % de la société et une part de 74 000 t/an.

En Norvège, pour approvisionner en électricité ses 5 usines d'électrolyse, Hydro possède 17 usines hydroélectriques avec une production de 9,150 TWh, en 2019.

- [Vedanta](#) possède, en Inde, une capacité de production de 2,3 millions de t avec, en 2019, une production de 1,343 million de t à Jharsunguda dans l'État d'Odisha et de 561 000 t à Korba dans l'État de Chhattisgarh. L'alumine est produite à Lanjigarh, dans l'État d'Odisha avec une production de 1,811 million de t à partir de mines de bauxite captives pour 9 % des besoins, de mines de l'État d'Odisha pour 49 % et d'importations pour 42 %.
- [South32](#) a produit, un total de 986 000 t d'aluminium primaire :
 - en Afrique du Sud, à Richards Bay, avec en 2019, 718 000 t,
 - au Mozambique, à Maputo, avec une participation de 47,1 % et une production propre de 268 000 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,
 - en France, à Saint-Jean de Maurienne (73), avec 145 000 t/an.

Commerce international de l'aluminium brut

Pays exportateurs

Les principaux pays exportateurs, en 2019, sont les suivants :

en milliers de t			
Russie	2 737	Norvège	1 286
Canada	2 557	Malaisie	1 087
Émirats Arabes Unis	2 313	Pays Bas	873
Inde	1 962	Islande	690
Australie	1 467	Chine	578

Source : ITC

Les exportations de la Russie sont destinées à la Suisse à 20 %, aux Pays Bas à 14 %, au Japon à 12 %, aux États-Unis à 7 %.

Pays importateurs

Les principaux pays importateurs, en 2019, sur un total, en 2018, de 23,267 millions de t sont les suivants :

en milliers de t			
États-Unis	3 997	Turquie	1 156
Japon	2 585	Pays Bas	974
Allemagne	2 459	Malaisie	897
Corée du Sud	1 508	Pologne	700

Italie 1 270 Espagne 698

Source : ITC

Les importations des États-Unis proviennent du Canada à 51 %, des Émirats Arabes Unis à 14 %, d'Australie à 7 %, de Russie à 6 %.

Recyclage

L'aluminium recyclé est appelé aluminium de deuxième fusion ou d'affinage ou secondaire.

Origines

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 mâchefers 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.

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 désoxyder les aciers 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 France, en 2019, 10 affineries et 7 usines de recyclage direct fonctionnent avec 500 000 t/an de capacité totale. La plus importante est exploitée par [Regeal Affimet](#), société du groupe [Aurea](#), à Compiègne (60) qui produit 50 000 t/an d'alliages d'aluminium.

Sources

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

Une autre source importante, particulièrement aux États-Unis, sont les boîtes-boisson.

Quelques chiffres

De 1886 à 2018, sur une production totale d'aluminium de 1 400 millions de t, 1 068 millions de t sont encore en utilisation dans les secteurs suivants :

- à 34 % dans les bâtiments,

- à 30 % dans les transports,
- à 25 % dans les équipements électriques et mécaniques,
- à 1 % dans les emballages.

Ce stock représentant environ 75 % de l'aluminium produit est susceptible d'être recyclé.

L'économie circulaire de l'aluminium simplifiée, en 2018, en millions de t de Al contenu, d'après « Global aluminium flow 2016 », IAI.

Les autres utilisations, exclues du stock d'aluminium en usage, concernent principalement l'aluminium employé dans la déoxydation de l'acier et qui peut être considéré comme perdu.

En 2012, l'aluminium recyclé provient à :

- 42 % des transports,
- 28 % des emballages,
- 11 % des équipements électriques et mécaniques,
- 8 % des bâtiments.

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 m³ d'eau,
- 26,6 MWh d'énergie,
- 6,9 t de rejets en équivalent CO₂.

Dans le monde :

- Aux États-Unis, en 2019, recyclage de 3,4 millions de t, à 44 % de produits usagés (dont les boîtes-boisson représentent 44 % de la masse totale) et de 56 % de chutes de fabrication. Dans ce pays, en 2018, 60,9 milliards de boîtes-boisson ont été recyclés soit 63,6 %, la consommation ayant été de 88,4 milliards de boîtes.
- En Europe, en 2015, le recyclage a représenté 10,5 millions de t, avec 220 usines. En Europe (UE + Suisse, Norvège et Islande), en 2018, recyclage de 76,1 % des boîtes boisson en aluminium, soit 34 milliards de boîtes et 457 000 t, avec un taux de 99 % en Allemagne, 98 % en Belgique, 95 % en Finlande, 75 % au Royaume Uni, 66 % en France.
- En France, l'aluminium recyclable représente de 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 2015, 47 % des besoins.
- La production japonaise est exclusivement secondaire avec, en 2019, 795 400 t.

Situation française

Productions : en 2019, la production d'Al 1^{ère} fusion était de 402 000 t tandis que celle de 2^{ème} fusion était de 491 000 t.

Commerce extérieur : en 2019.

Les exportations d'aluminium non allié brut étaient de 46 178 t, à destination à :

- 35 % de l'Allemagne,
- 24 % de l'Italie,
- 13 % des Pays Bas,
- 6 % de République tchèque.

Les importations d'aluminium non allié brut étaient de 127 866 t, en provenance à :

- 36 % de Russie,
- 12 % du Cameroun,
- 10 % d'Arabie Saoudite,
- 10 % des Émirats Arabes Unis,
- 6 % d'Islande,

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.
- Le groupe [Gupta](#), via la société [Alvance Aluminium](#) a acquis fin 2018 auprès de Rio Tinto l'usine d'[aluminium primaire de Dunkerque](#) (59), avec une production de 278 000 t, en 2019.

Utilisations

Consommations d'aluminium primaire, en 2019, dans le monde : 63,140 millions de t.

en milliers de t

Chine	35 244	Vietnam	1 405
États-Unis	4 926	Corée du Sud	1 157
Allemagne	1 988	Turquie	971
Inde	1 829	Italie	938
Japon	1 765		

Source : « Commodity markets outlook », World Bank, oct. 2020

L'ensemble de la **consommation mondiale d'aluminium** totale, avec l'aluminium recyclé, dans le monde, en 2019 était de 89,8 millions de t dont, en 2017 :

- 47 % en Chine,
- 18 % dans le reste de l'Asie,
- 16 % en Europe,
- 14 % en Amérique du Nord.

Secteurs d'utilisation

Les principaux secteurs d'utilisation, y compris l'aluminium recyclé, étaient, en 2019 dans le monde, les suivants :

Transports	26 %	Équipements	11 %
Construction	24 %	Emballages	8 %
Électricité	11 %		

Source : Hydro

Formes d'utilisation

En 2019, en Europe, la demande de demi-produits laminés a représenté 5,447 millions de t. Ils ont été destinés à :

- 23 % pour l'emballage,
- 22 % pour les transports,
- 18 % pour les feuilles minces,
- 11 % pour la construction.

Les demi-produits extrudés ont représenté 3,403 millions de t, destinées à :

- 41 % à la construction,
- 23 % au transport,
- 10 % aux équipements mécaniques,
- 4 % aux équipements électriques.

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

La consommation mondiale, en 2015, était de 320 milliards de boîtes, en [fer blanc](#) ou en aluminium, dont 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 12,97 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.

L'aluminium concurrence l'acier (voir le chapitre [fer-blanc](#)) 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 %.

Aux États-Unis, la consommation a été de 88,4 milliards de boîtes en 2018 soit 1,1 million de t de Al. En 2018, 63,6 % des boîtes sont récupérées après utilisation, représentant 682 621 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 2013, la consommation dans l'Union européenne de boîtes-boisson a été de 58,8 milliards de boîtes avec un taux de recyclage, de 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](#), 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 particulière, dans l'Union européenne, il y avait, en 2019, en moyenne, 180 kg d'aluminium (28 kg en 1973, 50 kg en 1990, 140 kg en 2012). L'Audi-e-tron en renferme 804 kg, la Range Rover, 794 kg.

Dans les véhicules courants, en 2019, dans l'Union européenne, l'aluminium est présent sous forme d'alliages de fonderie à 65 %, de tôles laminées à 19 %, de profilés extrudés à 11 % et de pièces forgées à 5 %.

En moyenne, en 2019, dans l'Union européenne, l'aluminium est présent à 23 % dans le moteur, 21 % dans les jantes, 11 % dans les transmissions, 11 % dans le châssis, 11 % dans les systèmes d'évacuation de la chaleur, 8 % dans la carrosserie, 7 % dans les portes...

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 %.

De 1953 à 1957, la Dyna Z de Panhard avait une carrosserie en aluminium.

Voir également les [alliages d'aluminium](#).

Autres utilisations

L'aluminium est aussi utilisé dans les cas suivants :

- Feuilles minces : selon la normalisation, leur épaisseur est comprise entre 6 micromètres et 200 µm. En 2018, la production européenne a été de 942 500 t.
- 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.