

L'aluminium : un levier clé de la transition énergétique

Christian Leroy – Septembre 2023

L'aluminium apparaît comme un matériau essentiel pour permettre la transition énergétique : Il est en effet indispensable pour la production d'électricité renouvelable et pour son transport. Il est de plus en plus utilisé dans le transport, en particulier pour les véhicules électriques, tout en restant incontournable dans le bâtiment et le secteur de l'emballage. Le transport représente 40% de son utilisation, suivi par le bâtiment à 24% et l'emballage à 19%.

Les scénarios pour les 30 prochaines années montrent clairement une croissance de son utilisation. Par rapport à 2020, on estime que la demande en aluminium augmentera en 2050 de 60% dans l'automobile et de 35% dans le secteur énergétique. Aujourd'hui, une nouvelle voiture vendue en Europe contient un peu plus de 200 kg d'aluminium. Ce chiffre devrait monter à 250 kg par voiture en 2030.

La production de l'aluminium primaire est toutefois énergivore, en particulier pour l'étape d'électrolyse qui demande de l'ordre de 14 à 15 kWh/kg d'aluminium. L'empreinte carbone de la production d'aluminium dépend donc fortement du type d'électricité utilisée, allant de 20 kg CO₂-eq/kg pour de l'électricité à base de charbon à 4 kg CO₂-eq/kg pour de l'électricité hydro-électrique. Au niveau européen, l'empreinte carbone moyenne de l'aluminium primaire produit en Europe est de 6,7 kg CO₂eq soit environ 2,5 fois moindre que la moyenne globale qui est de l'ordre de 17 kg de CO₂-eq/kg. La production mondiale d'aluminium primaire atteint aujourd'hui un peu plus de 65 Mt dont 57% est produit en Chine alors que l'Europe avec 4 Mt environ ne représente que de l'ordre de 6% de la production mondiale.

Le recyclage de l'aluminium en fin de vie représente seulement 5 à 8 % de l'énergie nécessaire à la production de primaire, émettant environ 0,5 kg CO₂-eq/kg d'aluminium recyclé, soit une réduction d'au moins un facteur 10 par rapport à l'aluminium primaire. Maximiser la collecte et le recyclage en fin de vie est donc un élément essentiel, non seulement pour la circularité, mais aussi pour la décarbonisation du secteur.

En Europe, l'extraction de la bauxite est une activité mineure et ne représente que de l'ordre de 3 Mt/an, principalement en Grèce. La production européenne d'alumine représente environ 6 à 7 Mt annuellement requérant l'importation d'environ 10-12 Mt d'alumine par an. L'empreinte carbone de cette étape basée sur le procédé Bayer suivi de la calcination est de l'ordre de 0.9 t de CO₂-eq/t d'alumine, soit une émission annuelle de l'ordre de 6Mt provenant essentiellement de la combustion de fuel.

La production d'aluminium primaire par les usines européennes d'électrolyse est de l'ordre de 4 Mt par an, 50% étant produit en Norvège et Islande. L'impact carbone de ce process est de l'ordre de 4 à 5 kg de CO₂-eq/kg d'aluminium. Environ 1,8kg provient de la préparation et consommation de l'anode en carbone et le reste provient principalement de la production électrique. Il est estimé que 17 Mt de CO₂-eq est émis par les usines d'électrolyse, incluant les consommations électriques et la production/consommation d'anodes.

Environ 4 Mt d'aluminium sont en outre importés, pour satisfaire le secteur de la transformation de l'aluminium qui utilise de l'ordre de 11 à 12 Mt par an. Outre les 4 Mt d'aluminium primaire produit en Europe, il faut aussi y ajouter de l'ordre de 4 Mt d'aluminium recyclé. On estime les émissions de ce secteur de la transformation en produit semi-finis de l'ordre de 5Mt venant à 60% de la combustion du fuel.

Enfin, la production du recyclage des chutes en nouveau lingot représente environ 4 Mt par an, correspondant à une émission de l'ordre de 2 Mt CO₂-eq /an dont 90% proviennent de la combustion du fuel.

Dans son ensemble, l'industrie européenne émet de l'ordre de 30Mt de CO₂-eq/an soit 5% des émissions de l'industrie du process européen ou moins de 3% des émissions globales du secteur de l'aluminium. Ces chiffres montrent que l'industrie européenne de l'aluminium est déjà bien avancée sur sa route vers la décarbonation par rapport au secteur global, mais il reste toutefois encore beaucoup à faire.

Vu l'utilisation importante d'électricité à l'électrolyse, la décarbonisation du secteur dépendra tout d'abord à la possibilité d'accéder à des sources d'électricité décarbonées. Il faudra donc un investissement massif du secteur énergétique afin de permettre de réduire ces émissions indirectes liées à la consommation d'électricité. Par ailleurs, l'utilisation d'anodes inertes pour l'électrolyse au lieu des anodes en carbone permettra également de réduire l'impact de l'ordre de 1,8 t CO₂-eq/t Al. Des tests industriels sont actuellement en cours avec ce type d'anode, e.g. [Elysis](#).

Le fuel utilisé dans les différents fours utilisés le long de la chaîne de production est essentiellement du gaz naturel. Sa substitution par des fuels bas-carbone, e.g. l'hydrogène, est à l'étude ainsi que le passage à des fours électriques. L'utilisation de boilers électriques ou de la technologie de recompression mécanique des vapeurs sont aussi testés au niveau des producteurs d'alumine. Enfin, les possibilités d'utiliser des technologies de captage du carbone pour son utilisation ou sa séquestration sont aussi analysées et testées. La maximisation du recyclage et le développement de produits plus circulaires sont aussi au cœur de cette stratégie de décarbonation.

[L'innovation Hub de l'association européenne](#) est une plateforme collaborative qui initie et développe des projets dans ce sens. Cette plate-forme industrielle est engagée dans divers projets européens visant à optimiser les ressources ou à décarboner les procédés le long de sa chaîne de valeur. Le défi de la transition énergétique est immense et nécessite de collaborer non seulement au sein de l'industrie de l'aluminium mais aussi avec les autres secteurs. Pour cette raison, le hub innovation de « European aluminium » est un élément essentiel de cette transition pour l'industrie européenne de l'aluminium.