

Recyclage d'aluminium: connaître, comprendre pour mieux les réutiliser

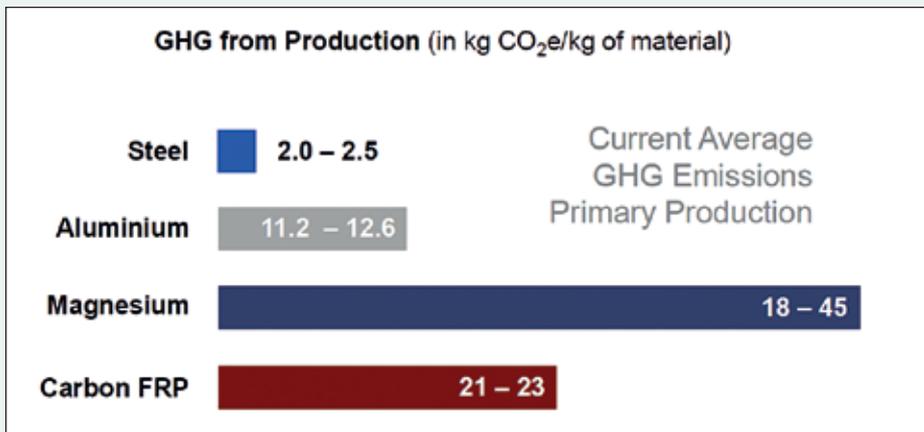
i Elizabeth Szala - Sr Expert R&D chez Aluminium Duffel & Chair du Groupe de travail « Automotive Corrosion »
 Pascal Collet – Chief Operating Officer – EFC (Fédération Européenne de Corrosion)

INTRODUCTION

L'économie circulaire est un enjeu sociétal. Nous en prenons tous conscience et de plus en plus chaque jour, pour aider à relever de nombreux défis tant environnementaux, énergétiques qu'économiques. Cette économie peut se concrétiser de beaucoup de façons, par les techniques et les choix en termes de tri, recyclage, traitement et élimination des emballages, des produits et des déchets, de nos propres initiatives mais aussi liés aux règles imposées par la législation se renforçant. Pour illustrer ce sujet, prenons l'exemple de l'aluminium, un métal largement utilisé dans de nombreux secteurs (bâtiment, automobile, aéronautique, ...) et dont la production est énergivore, faisant de son recyclage, un enjeu capital.

RECYCLAGE DE L'ALUMINIUM

Les industriels n'ont pas attendu que ce terme d'économie circulaire soit « à la mode » et repris dans les médias, pour faire du recyclage de l'aluminium, une priorité dans le cycle de vie de leurs produits. Ce changement est apparu notamment du

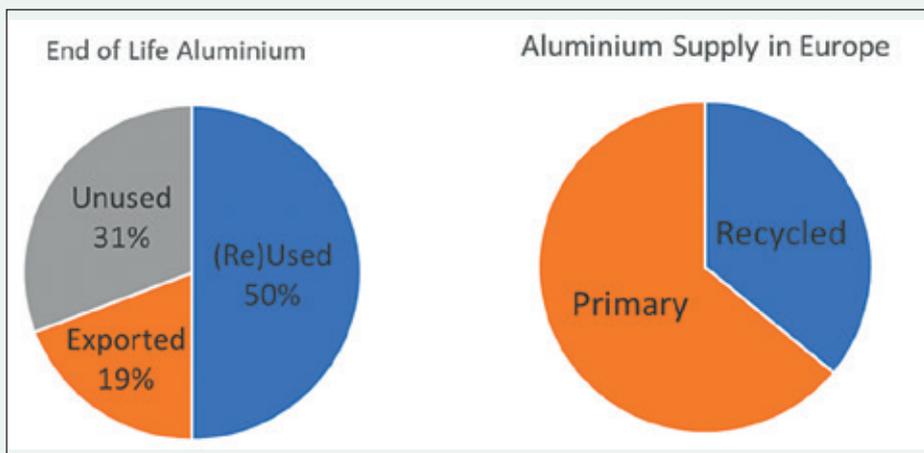


▲ **Graph 3 : Comparaison de moyenne d'émissions de gaz à effet de serre (GES - GHG) en production primaire**
 Source : Worldautosteel.org

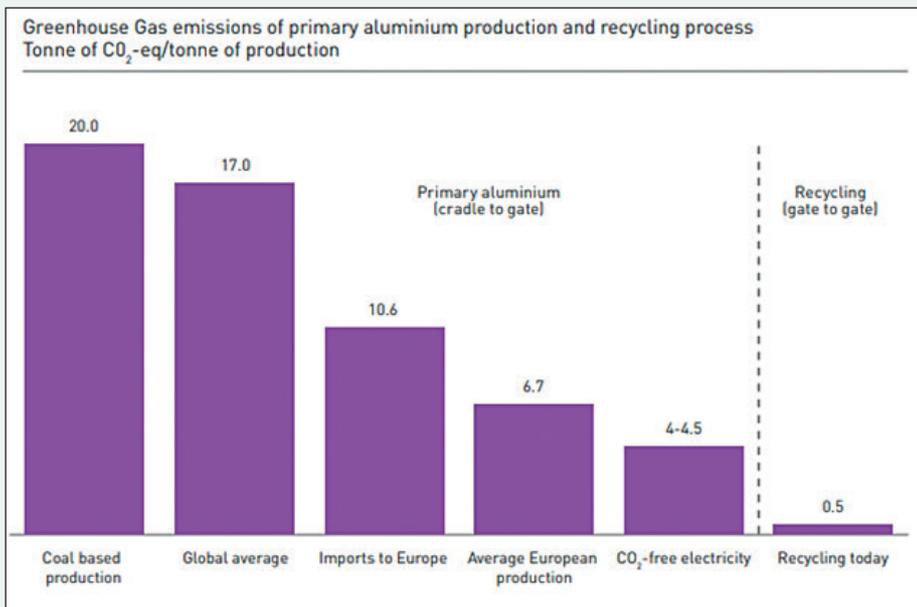
fait de la directive européenne sur la fin de vie des véhicules en 2015. Comme le montrent les graphes suivants, l'aluminium est largement (ré-)utilisé et l'Europe se fournit pour une part très significative en Al recyclé comme le montrent les deux graphes ci-dessous. Une des raisons majeures de l'utilisation du recyclage pour ce métal est la forte demande d'énergie lors du procédé de production de l'aluminium dit-primaire. Celui-ci est obtenu par électrolyse à partir de bauxite selon le procédé Hall-Heroult.

L'aluminium est encore plus largement réutilisé dans le secteur du bâtiment, à environ 85%.

Ce phénomène est mondial, dans l'automobile il a commencé avec le constructeur Audi, un des premiers à utiliser l'aluminium intensément dans les années 90 pour le caisson en blanc. Des circuits courts appelés 'closed-loop process' ont été mis en place où les rebus de la zone d'emboutissage du 'body shop' sont collectés dans l'usine et directement acheminés aux fonderies du producteur d'aluminium : en 2021, ce procédé a permis à Audi d'éviter la production de 195000 tonnes de CO₂. Un autre exemple de Ford Motors Co. – a été présenté par Niamh Hosking lors d'une séance plénière au congrès EUROCORR2023 à Bruxelles montrant un procédé où les rebus étaient transformés en 'chip' sur site et directement acheminés dans les camions avant de repartir vers les producteurs d'aluminium. En effet, la nécessité de recycler un métal comme l'aluminium est aussi liée à l'impact de la production d'aluminium sur les émissions de gaz à effet de serre, comme le montrent les graphes 3 & 4 ci-dessous. L'empreinte carbone de l'aluminium primaire est 5 fois plus importante que celle de l'acier.



▲ **Graphes 1 & 2 : proportion d'aluminium recyclé en fin de vie et proportion de l'aluminium recyclé importé en Europe**
 Source : Bron European Aluminium Association CRU report, 2019



Graph 4 : Impact du recyclage de l'aluminium sur les émissions de gaz à effet de serre (GES – GHG)
Source: European Aluminium, Circular aluminium action plan

L'utilisation des rebuts post-consommation (End-Of-Life : EOL scrap) permet ainsi de réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre (GES) et de permettre aux industriels de réduire leur empreinte carbone et réduire leurs coûts énergétiques.

Il est particulièrement nécessaire de comprendre l'impact de l'utilisation d'aluminium recyclé car la demande pour ce métal augmente. A titre d'exemple, l'association « European Aluminium » (source :Ducker) prévoit une augmentation de 25% de la consommation d'aluminium dans les voitures européennes entre 2022 et 2030, du fait de leur électrification, la diminution de la masse du véhicule est nécessaire et ne peut être atteinte qu'en utilisant des matériaux plus légers tels que l'aluminium ou bien le magnésium.

Comment ces produits recyclés diffèrent dans leur composition de l'aluminium d'origine ? et quelles en sont les conséquences pour le client final et les entreprises mettant en œuvre cet aluminium recyclé et alliages associés ?

Caractéristiques de l'aluminium recyclé et conséquences sur sa réutilisation

Ce changement dans le processus de production de l'aluminium induit la présence d'éléments traces (Cu, Zn, Pb, Sn, In, Ga, etc.) dans les alliages qui, dans une certaine mesure, influenceront les propriétés de corrosion de l'alliage. C'est parce que les mécanismes de corrosion sont, dans une large mesure, contrôlés par la microstructure des alliages. Les oligo-élé-

ments auront également une influence sur les propriétés de finition de surface après anodisation. Cf livre blanc « Corrosion challenges towards a sustainable society » écrit par de nombreux scientifiques actifs au sein de la Fédération Européenne de Corrosion (EFC) et publié dans Materials and Corrosion 2022;73:1730-1751.

Les défis de la recherche et du développement résident dans la variation des compositions au sein d'une famille d'alliages : les propriétés de corrosion ne doivent pas être compromises par les variabilités de la concentration des oligo-éléments.

A titre d'exemple cité dans ce livre blanc, la figure 1 ci-dessous montre la différence dans les performances de corrosion de deux lingots extrudés d'un alliage EN-AW6063 à partir d'aluminium 100% recyclé avec une certaine variation dans la concentration des éléments.

Une autre étude a été conduite par l'université libre de Bruxelles et le SURF sur la garantie de la qualité de profilés T66 prélaqués, issus d'aluminium recyclé, avec un alliage 6060. L'objectif était de mesurer l'effet des différents éléments d'alliage sur les propriétés de corrosion de cet alliage et d'appréhender comment ces éléments d'alliage influenceront les processus de prétraitement de l'Al6060 recyclé ? L'étude met en évidence la présence de complexes MgSi, AlFe3Si, MgSi(Cu,Zn) dans l'alliage avec une structure de grain

similaire mais une taille influencée par la présence de Zn, qui peut entraîner un aspect indésirable après le décapage alcalin. Des profilés en alliage avec différents teneurs en Zn ont été peints par différents applicateurs en Europe, selon les exigences de Qualicoat, avec différentes préparations de surface (temps et nature (acide, alcalin)) du décapage, différents systèmes de conversion sans chrome, différentes peintures en poudre. Les essais de corrosion industrielle accélérée (FFC (corrosion filiforme) et AASS (brouillard salin en milieu acide) ont été réalisés. Peu de différences entre les alliages a été observé et tous ont passé les exigences Qualicoat et les tests de vieillissement accéléré avec un bon prétraitement. Cette étude a montré que les effets négatifs des éléments d'alliage peuvent être contrôlés et que des alliages 6060 entièrement recyclés sont possibles dans un avenir proche.

DE L'EXPERTISE AUX PRÉCONISATIONS

Le recyclage des métaux comme l'aluminium a commencé depuis des années et continuera en s'accroissant compte tenu des prévisions de besoin de ce métal et des exigences environnementales et énergétiques. Les nouveaux besoins de l'aluminium recyclé doivent être aussi étudiés sous l'aspect durabilité. Les exemples précités, issus de travaux de recherche et développement, montrent la nécessité d'étudier les conséquences du recyclage sous l'aspect composition et structure des alliages en termes de performance à court et long terme, et les préconisations à établir, notamment au regard de la performance anticorrosion. Des corrosionnistes et experts en matériaux au sein de la communauté de l'EFC accompagnent au quotidien des industriels pour observer, comprendre et proposer des solutions et recommandations pour accompagner les problématiques actuelles et futures du recyclage des métaux.