



# **Amélioration par PyroGenèse des procédés dans l'industrie de l'aluminium**

Facteurs macroéconomiques  
et géopolitiques ayant une incidence  
sur l'industrie de l'aluminium

**Par PyroGenèse Canada inc.**

Avril 2022

# Table des matières

|    |  |
|----|--|
| 3  | 1. Sommaire  |
| 5  | 2. Importance de l'aluminium : faits et conséquences |
| 8  | 3. Augmentation de la demande d'aluminium            |
| 11 | 4. Décarbonisation                                   |
| 14 | 5. Flambée des prix de l'énergie                     |
| 17 | 6. Hausse du prix de l'aluminium                     |
| 19 | 7. Conclusion  |
| 21 | 8. Annexe  |

© PyroGenèse Canada inc., 2022. Tous droits réservés. Aucune partie de la présente publication ne peut être reproduite ou transmise sous quelque forme que ce soit ni par quelque moyen que ce soit, notamment la photocopie, l'enregistrement et tout système de stockage et de récupération d'informations, sans consentement préalable.

# Sommaire

Dans un contexte de forte augmentation de la demande mondiale et du prix de l'aluminium, il faut savoir miser sur des technologies qui contribuent à optimiser la production tout en réduisant les émissions de carbone.

PyroGenèse propose notamment une gamme croissante de solutions technologiques pour l'industrie de l'aluminium. En fait, le secteur de l'aluminium est depuis longtemps un terrain propice pour les activités de PyroGenèse, et non seulement le travail effectué jusqu'à aujourd'hui porte son fruit, mais les possibilités se sont tout simplement multipliées tous azimuts.

Le principal savoir-faire de l'entreprise dans ce domaine est la récupération de métaux et de produits chimiques à partir de l'écume d'aluminium. Cette écume est un déchet résiduel du processus de fusion de l'aluminium.

L'industrie avait déjà mis au point des méthodes pour séparer mécaniquement l'aluminium encore utilisable de l'écume. Cependant, la plupart de ces méthodes sont parfois dangereuses et volatiles, avec une efficacité suboptimale. En plus, elles entraînent la formation de gâteaux de sel nocifs qui doivent être stockés ou enfouis, donnant lieu à une situation de plus en plus difficile avec la multiplication des interdictions d'enfouissement.

PyroGenèse a modernisé et considérablement amélioré le procédé de traitement de l'écume et a créé une méthode qui n'utilise pas de sel et qui permet de récupérer une part beaucoup plus grande, jusqu'à 98 %, de l'aluminium utilisable qui y reste, soit 20 % de plus que le procédé le plus couramment utilisé (le four à sel rotatif), le tout pour un coût moitié moindre, une empreinte carbone et une consommation d'énergie plus faibles et un meilleur rendement du capital investi.

Par conséquent, les systèmes **DROSRITE™** de **PyroGenèse** sont très prisés, l'entreprise ayant remporté certains des plus grands projets de récupération d'écume à l'échelle internationale, ce qui fait d'elle l'un des plus grands acteurs de récupération d'écume et certainement celui qui connaît la croissance la plus rapide au monde, avec 14 grands systèmes Drosrite™ achevés (11) ou commandés/demandés (3).

PyroGenèse affirme que si les avantages matériels et financiers du système Drosrite™ suffisent à rendre cette technologie de plus en plus populaire au sein de l'industrie, plusieurs facteurs macroéconomiques et géopolitiques viendront par ailleurs influencer encore plus cette tendance.

Font partie de ces facteurs hautement interdépendants l'augmentation de la demande mondiale d'aluminium, le mouvement toujours croissant pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de carbone partout dans le monde, la hausse des prix de l'énergie, les perturbations de la chaîne d'approvisionnement, la volatilité causée par des événements internationaux tels que le conflit en Ukraine et l'augmentation des prix de l'aluminium.

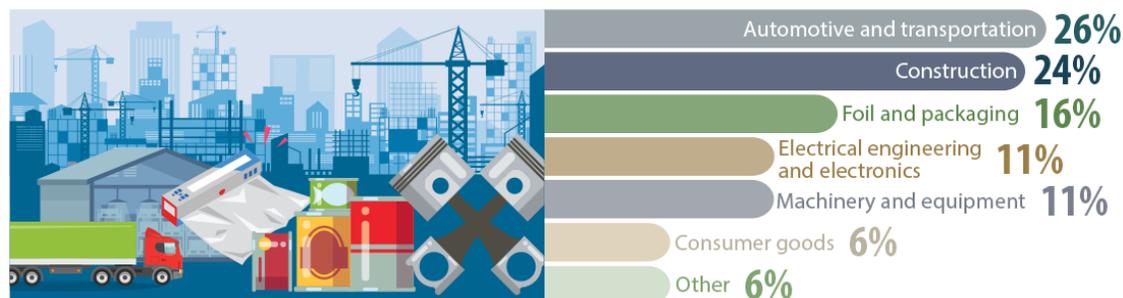
# Importance de l'aluminium : faits et conséquences

L'industrie énergivore de l'aluminium fait face à un dilemme, car la popularité croissante de son métal se heurte à la demande de produits de meilleure qualité et plus respectueux de l'environnement.

Métal le plus utilisé au monde en fonction de la masse après l'acier et métal non ferreux le plus utilisé, l'aluminium fait partie intégrante des industries essentielles et non essentielles du monde entier.

Sa grande polyvalence, qui s'explique par sa très faible résistance électrique, sa force spécifique et sa durabilité, fait de l'aluminium le choix logique pour de nombreuses applications dans les domaines de la construction, de l'électronique, des transports, du transport de l'électricité, de l'emballage alimentaire, des pièces automobiles, des batteries et de l'aérospatiale.

## Utilisations de l'aluminium dans le monde en 2020<sup>31</sup>



En bref, le monde dépend de l'aluminium. Heureusement, l'aluminium est abondant puisqu'il représente environ 8 % de la masse de la croûte terrestre; étant dépassé à ce titre uniquement par le silicium et l'oxygène<sup>1</sup>.

En revanche, l'aluminium ne se trouve pas à l'état pur dans la nature. On ne le trouve donc jamais en gisement comme, par exemple, l'or et l'argent, mais plutôt avec d'autres éléments dans 270 minéraux composés, dont il doit être extrait et raffiné.

La méthode d'extraction la plus courante fait appel à deux procédés : le premier, le procédé Bayer, raffine la bauxite, un minerai naturel composé principalement de

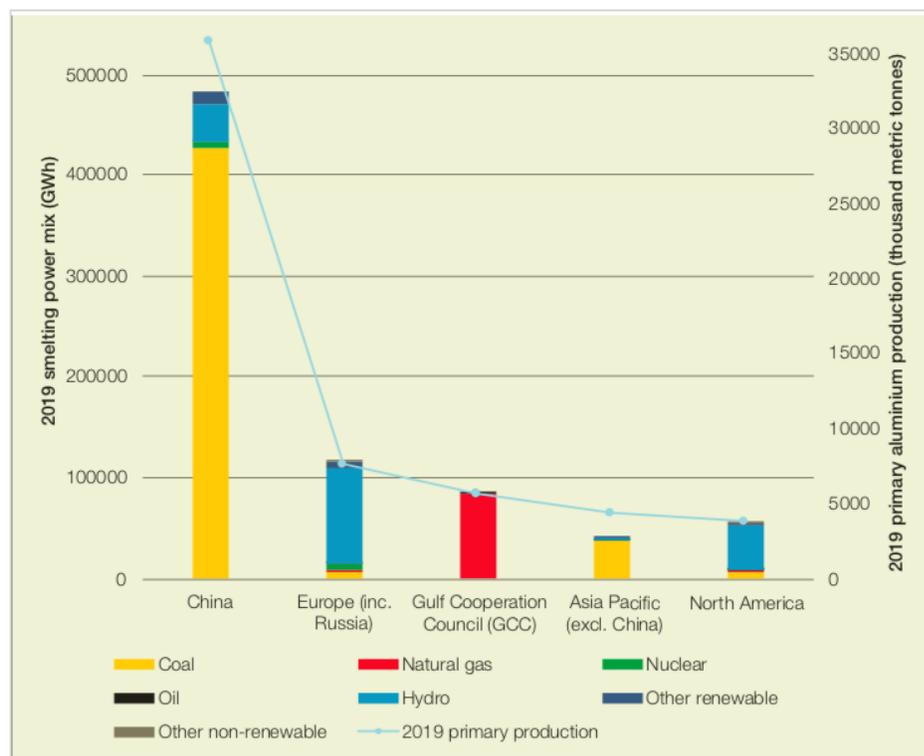
minéraux à base d'aluminium tels que l'oxyde d'aluminium, pour produire la substance connue sous le nom d'alumine. Le second, le procédé Hall-Héroult, utilise l'électrolyse pour libérer l'aluminium pur de cette alumine.

Combinées, ces méthodes forment le procédé de production d'aluminium de première fusion qui donne un aluminium de la plus haute qualité, mais compte parmi les plus énergivores et les plus générateurs de gaz à effet de serre de toute l'industrie.

La production de 1 kg d'aluminium nécessite de 13,5 à 17 kWh d'électricité. Alors que les meilleures alumineries, comme celle d'Alcoa, le plus grand producteur mondial, utilisent environ 13 kWh (46,8 mégajoules) d'énergie électrique pour produire un kilogramme d'aluminium, la moyenne mondiale est d'environ 15 kWh/kg (54 MJ/kg), soit 15 000 kWh par tonne <sup>2</sup>.

Dans une industrie aussi énergivore, il faudra trouver une énergie renouvelable à moindre coût si on veut atteindre l'objectif souhaité de carboneutralité d'ici 2050 et ainsi limiter le réchauffement de la planète à +1,5 °C ou 2 °C, selon le scénario établi par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et endossé par de nombreux acteurs du secteur de l'aluminium. Les disparités régionales en matière de sources d'énergie rendront la transition vers les énergies renouvelables difficile et plus coûteuse pour certaines entreprises<sup>30</sup>.

### Répartition des sources d'énergie mondiales et production d'aluminium de première fusion (2019)<sup>3</sup>



Actuellement, la production d'aluminium de première fusion est à l'origine de 1,1 milliard de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> par an, soit 2 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'origine anthropique, un chiffre équivalent à ceux de l'aviation ou de la marine marchande mondiales <sup>3</sup>.

Cependant, l'aluminium est hautement réutilisable. En fait, 95 à 98 % de l'aluminium peut être recyclé, et 75 % de tout l'aluminium jamais produit est encore en utilisation étant donné ses excellentes propriétés de recyclage et sa durabilité <sup>4</sup>.

En outre, le recyclage des déchets d'aluminium, ou production d'aluminium de deuxième fusion, ne nécessite que 5 % de l'énergie nécessaire à la production d'aluminium de première fusion, ce qui permet d'économiser de 90 à 95 % de l'énergie nécessaire à la production d'aluminium à partir de la bauxite, tout en réduisant considérablement les émissions de gaz à effet de serre <sup>5</sup>.

Mais alors que l'aluminium de première fusion est recherché dans des applications de première nécessité dans les domaines de la science et de la fabrication, l'aluminium de deuxième fusion produit à partir de déchets recyclés contient traditionnellement des niveaux plus élevés d'impuretés, et les problèmes de qualité et d'uniformité qu'il présente limitent son utilisation à des articles tels que les canettes de boisson et les pièces moulées d'automobiles <sup>6</sup>.

Par conséquent, toute augmentation de la production d'aluminium de première fusion (comme le permet le système de récupération d'écume Drosrite™ de PyroGenèse) comporte son lot d'avantages, notamment d'importantes économies en temps, en coût et en dégradation par rapport au processus de deuxième fusion, tout en augmentant l'offre d'un produit de qualité supérieure qui sera de plus en plus prisé au cours des prochaines décennies.

# Augmentation de la demande d'aluminium

Les technologies qui peuvent contribuer à optimiser la production d'aluminium de haute qualité seront convoitées à mesure que la demande mondiale s'accélérera.

La demande globale d'aluminium devrait augmenter de 80 % d'ici 2050 pour atteindre 180 millions de tonnes pour à la fois le métal recyclé et le métal de première fusion (la demande mondiale d'aluminium de première fusion devant augmenter à elle seule de 50 % au cours de cette période), en raison de la croissance démographique et économique rapide des prochaines décennies.

Ces prévisions de l'International Aluminum Institute, organisme représentant l'industrie mondiale de l'aluminium de première fusion, laissent également entendre que les principaux moteurs de la croissance seront l'augmentation de la demande dans les applications stratégiques où les propriétés uniques de l'aluminium en font un matériau de choix, notamment la mobilité, le bâtiment et la construction, l'emballage et les véhicules légers et économes en carburant <sup>7</sup>.

Il était au départ prévu que ce serait les plus grands producteurs d'aluminium, soit la Chine et l'Asie du Sud-Est, qui allaient satisfaire à l'augmentation de la demande mondiale d'aluminium des 30 prochaines années.

Toutefois, rien n'est désormais certain.

La Chine est depuis longtemps non seulement le plus grand producteur d'aluminium (en 2021, elle produisait 57 % de l'aluminium de première fusion), mais aussi son plus grand consommateur, car le pays reste un important exportateur net de produits semi-finis. Mais à mesure que l'économie chinoise se développe, ses besoins en aluminium augmentent, si bien qu'en 2020, le pays est devenu un *importateur* net d'aluminium brut et d'alliages, important toujours plus de métal de première fusion pour répondre à ses énormes besoins internes et continuer d'assurer la fabrication locale de produits destinés à l'exportation <sup>8</sup>.

Pendant ce temps, en Russie, le deuxième producteur d'aluminium au monde, la situation est incertaine. À Nikolaev en Ukraine, la raffinerie d'alumine de l'entreprise Rusal, le plus grand producteur d'aluminium au monde en dehors de la Chine avec 6 % de la production mondiale, a vu ses activités interrompues en raison de difficultés logistiques évidentes sur la mer Noire, du fait de la guerre. La perte de cet

approvisionnement en alumine est un risque majeur en Russie et ailleurs, car elle représente une suspension éventuelle de la capacité de fusion primaire en Russie, qui se chiffre à environ 900 000 tonnes par année <sup>9</sup>.

Les États-Unis, deuxième consommateur d'aluminium, n'ont pas la capacité de compenser les lacunes de l'offre chinoise. Au cours des dernières décennies, le prix de l'électricité n'a cessé d'augmenter au point que la production d'aluminium de première fusion aux États-Unis n'est plus économiquement viable. Les États-Unis sont passés de 23 alumineries opérationnelles en 1993 à seulement six aujourd'hui, la plupart étant loin de leur capacité maximale.

Le déclin a été rapide. À la fin de l'année 2020, trois sociétés (Alcoa, Century Aluminum et Magnitude 7 Metals) exploitaient six alumineries de première fusion alors qu'en 2010, cinq sociétés exploitaient neuf alumineries de première fusion aux États-Unis.

Les alumineries états-uniennes restantes, qui fonctionnaient à environ 49 % de leur capacité en 2020, contre 60 % en 2019, sont dans une situation précaire. Century Aluminum, le plus grand producteur d'aluminium de première fusion aux États-Unis, exploite la dernière aluminerie états-unienne capable de produire de l'aluminium de haute pureté pour les applications militaires et de défense, celle de Hawesville dans le Kentucky. Au cours des dix dernières années, cette usine a émis à deux reprises des avis de fermeture permanente de 60 jours, avant de sortir la tête de l'eau, non sans licencier plus de 300 personnes entre-temps <sup>10</sup>.

Le problème, c'est que cette aluminerie est alimentée au charbon, une approche plus coûteuse et à risque, car les coûts de l'électricité et le mouvement de décarbonisation continuent leur tendance à la hausse, ce qui pourrait forcer la main à ses propriétaires. En effet, de nombreuses grandes entreprises états-uniennes d'aluminium comme Alcoa ont longtemps considéré le marché nord-américain comme un tout unifié. C'est pourquoi elles peuvent se tourner vers le Canada lorsqu'elles cherchent des lieux d'exploitation moins coûteux, allant même jusqu'à construire leurs propres barrages hydroélectriques ou à faire pression pour augmenter la capacité de production d'électricité.

Dans un tel contexte, même les tentatives de protectionnisme ont été vaines. En septembre 2020, après l'annonce par l'administration Trump d'un tarif d'importation de 10 % sur l'aluminium canadien, la menace de mesures de rétorsion par le gouvernement canadien a contraint les États-Unis à suspendre la mise en œuvre du tarif jusqu'après les élections fédérales états-uniennes, puis à abandonner complètement l'idée <sup>11</sup>.

Par conséquent, comme la plupart des alumineries restantes en Amérique du Nord sont situées dans des régions où les coûts sont faibles, environ 70 % de l'électricité consommée dans les alumineries provient de sources hydroélectriques existantes <sup>12</sup>.

Étant donné que cette dynamique influence de plus en plus la compétitivité de l'industrie dans le monde et qu'il faut des décennies pour construire de nouveaux barrages, l'heure est maintenant au crépuscule des dernières alumineries nord-américaines alimentées au charbon, tandis que les alumineries alimentées par l'hydroélectricité pourraient à elles seules avoir du mal à répondre à la demande croissante d'aluminium de première fusion.

Plus récemment, en Russie, En+ Group, le premier fournisseur mondial d'aluminium produit par hydroélectricité avec 20 % du marché, voit ses ventes menacées par le durcissement des sanctions commerciales de 2018. Le propriétaire de la société a fait l'objet de sanctions personnelles au Royaume-Uni et aux États-Unis, puis a mis la société en situation périlleuse en s'affranchissant de la ligne officielle du gouvernement russe et en demandant la fin de la guerre <sup>13</sup>.

Avec la hausse de la demande mondiale d'aluminium et la volatilité persistante chez les fournisseurs, les technologies et les procédés tels que les systèmes de récupération d'écume Drosrite™ de PyroGenèse, qui peuvent aider les usines existantes à maximiser leur production d'aluminium, deviendront grandement désirables, à court et à long terme.

# Décarbonisation

De nombreux obstacles se dressent devant les acteurs de l'industrie, qui sont en retard dans leur calendrier pour atteindre l'objectif de zéro émission nette d'ici 2050, tout en maintenant la qualité des produits et en augmentant la production.

Parallèlement à l'augmentation de la demande d'aluminium, ce qui est quelque peu paradoxal dans le contexte de la pénurie d'énergie, on constate un consensus croissant sur la nécessité pour l'industrie de l'aluminium de se décarboniser.

L'industrie mondiale de l'aluminium, très énergivore, doit réduire ses émissions de 80 % d'ici 2050 pour respecter le scénario « Beyond 2 Degrees » (au-delà de 2 degrés) de l'Agence internationale de l'énergie et l'Accord de Paris, ainsi que la plupart des délais que l'industrie s'est elle-même imposés. Il s'agit d'une proposition difficile compte tenu des prévisions d'augmentation de la demande du métal <sup>14</sup>.

## Exemples d'objectifs climatiques publics d'acteurs de l'industrie de l'aluminium<sup>30</sup>

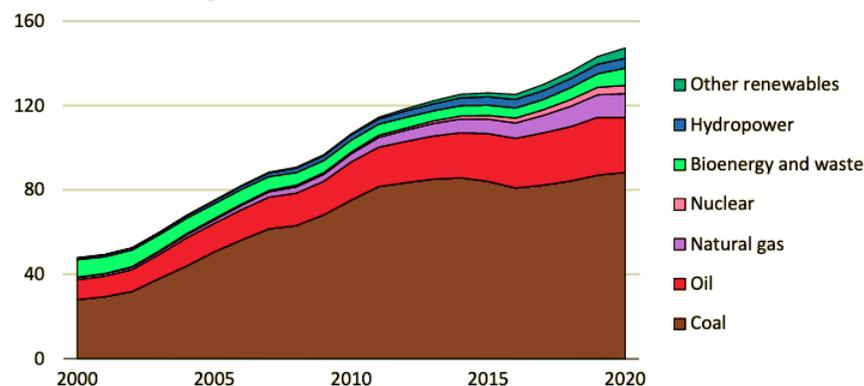
| Aluminium player                   | Ambition*   |
|------------------------------------|---|
| Alcoa <sup>14</sup>                | Reduce GHG emission intensity (Scope 1 and 2) by 30% by 2025 and by 50% by 2030 from a 2015 baseline                    |
| EN+ Group/RUSAL <sup>15</sup>      | Limit warming to 1.5°C via science-based emissions reduction (sign up to SBTi)  |
| GFG Alliance/Alvance <sup>16</sup> | Achieve carbon neutrality by 2030   |
| Norsk Hydro <sup>17</sup>          | Reduce GHG emissions by 30% by 2030   |
| Rio Tinto <sup>18</sup>            | Reduce carbon intensity <sup>19</sup> by 30% and absolute emissions by 15% by 2030 and reach net-zero emissions by 2050 |

En dehors de l'Amérique du Nord, le plus difficile à réaliser pour le secteur de l'aluminium s'il veut atteindre cet objectif consiste à se départir de sa dépendance extrême envers l'électricité produite à partir de combustibles fossiles. Prenons l'exemple de la Chine, de loin le plus grand producteur d'aluminium au monde (avec 57 % de la production mondiale) : plus de 80 % de sa capacité de production

d'aluminium est alimentée par le charbon<sup>15</sup>. Une industrie qui doit modifier ses pratiques prête le flanc à des critiques croissantes si on envisage la chose du point de vue global alors que des pays entiers souffrent pour atteindre ce même objectif.

La Chine dépend de quantités massives de charbon pour garder les gens au chaud, mais certaines provinces ont du mal à alimenter même l'éclairage alors que Beijing est déterminée à réduire les émissions, à faire baisser les prix de l'électricité et à diminuer la production de charbon. Bien que la Chine ait consacré d'importantes sommes dans des sources d'énergie de substitution telles que l'énergie solaire et l'hydroélectricité, le charbon reste la source dominante, représentant 68,5 % de l'approvisionnement en électricité du pays en 2020<sup>16</sup>.

#### Demande totale d'énergie primaire par combustible en Chine<sup>35</sup>



IEA, 2021.

La divergence entre les objectifs en matière d'émissions et la réalité des sources d'énergie sur le terrain a conduit à la situation actuelle, où, à partir de l'automne 2021, la Chine s'est retrouvée en proie à une crise énergétique nationale.

En partie à cause du conflit entre les prix du charbon établis par le marché et les tarifs d'électricité contrôlés par le gouvernement, les producteurs d'électricité du pays ont décidé qu'ils ne pouvaient pas justifier la production d'électricité avec les coûts records du charbon qui réduisaient les marges bénéficiaires et ont donc commencé à ralentir leur production, ce qui a entraîné des pannes et un rationnement généralisés.

Comme si ce n'était pas assez, les objectifs non négociables de réduction des émissions de carbone fixés par le gouvernement central ont contraint de nombreux gouvernements provinciaux à imposer des coupures de courant généralisées. Seize des 31 subdivisions politiques de la Chine continentale ont dû rationner l'électricité pour atteindre les objectifs annuels de réduction des émissions fixés par Beijing<sup>17</sup>.

Dans ce contexte, la production d'aluminium en Chine a subi une baisse de 2,3 millions de tonnes depuis le début de la crise de l'électricité.

Les analystes ont déclaré que la promesse de la Chine de commencer à réduire progressivement l'utilisation du charbon à partir de 2026 est potentiellement synonyme d'autres problèmes pour le secteur de l'aluminium de première fusion du pays. En outre, comme Beijing prévoit plafonner ses émissions de carbone d'ici 2030, on peut s'attendre à d'autres réductions.

Par conséquent, une nouvelle crise de l'offre mondiale est probable, et comme de plus en plus d'alumineries cherchent à se développer malgré des sources d'énergie (non renouvelables et renouvelables) déjà insuffisantes, le système énergétique exercera une pression supplémentaire sur l'industrie et sur les prix.

Des technologies telles que le système de récupération d'écume Drosrite™ de PyroGenèse, qui peuvent aider à répondre à la demande croissante d'aluminium tout en contribuant aux efforts de décarbonisation, semblent vouées à gagner en popularité.

# Flambée des prix de l'énergie

À l'heure où les pays entreprennent des transitions difficiles et coûteuses pour se passer de l'énergie fossile, l'industrie doit trouver des moyens de s'adapter tout en augmentant le rendement du capital investi dans un contexte de concurrence pour une énergie limitée.

L'aluminium fabriqué à l'aide de l'hydroélectricité présente une empreinte carbone cinq fois moins importante que l'aluminium fabriqué à l'aide de l'électricité produite à partir du charbon en plus d'avoir un coût de production plus faible. Par conséquent, la tendance à privilégier l'hydroélectricité comme technique de production n'est pas près de s'essouffler <sup>18</sup>.

Par exemple, l'Aluminerie Alouette à Sept-Îles, au Québec, la plus grande usine d'aluminium de première fusion en Amérique du Nord et l'une dont les coûts d'exploitation sont les plus bas au monde, reçoit son électricité du projet hydroélectrique de Churchill Falls, situé dans le Labrador voisin.

À une échelle encore plus grande, la production de la centrale hydroélectrique de Kárahnjúkar, en Islande, est entièrement consacrée à l'aluminerie Fjarðaál <sup>19</sup>.

Mais malgré ces initiatives, les pénuries d'énergie continuent de peser sur la production mondiale d'aluminium.

En effet, même les énergies renouvelables ne réussissent pas à répondre à la demande, et ce, en raison de divers facteurs. En partie motivés par les efforts de décarbonisation, les planificateurs industriels chinois ont construit plusieurs grands barrages hydroélectriques pour aider l'industrie à s'affranchir du charbon, mais la réglementation de l'énergie, combinée à une sécheresse inhabituelle, a exacerbé les pénuries d'énergie et obligé le pays à détourner l'énergie des secteurs industriels, comme les alumineries, pour la rediriger vers les particuliers, ce qui n'est pas sans effet sur la production <sup>20</sup>.

Des problèmes d'énergie similaires se manifestent également en Europe. Le continent est en proie à l'une des pires pénuries d'énergie de l'histoire, car des facteurs commerciaux, politiques et géographiques complexes se combinent pour former une tempête parfaite.

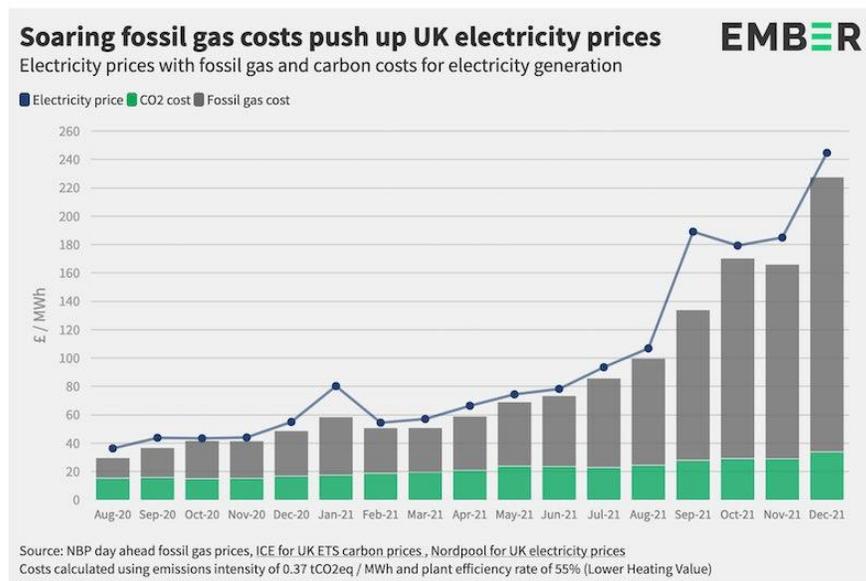
Alors que l'Union européenne réduit progressivement sa dépendance de longue date aux combustibles fossiles, les énergies renouvelables sont devenues la principale source d'électricité de la région pour la première fois en 2020<sup>21</sup>.

Mais le changement n'a pas été assez rapide ni assez répandu pour compenser les séquelles de la pénurie d'électricité, les énergies renouvelables ayant été mises à l'épreuve par des conditions météorologiques imprévisibles en 2021.

Par exemple, l'année 2021 a été marquée par une période inhabituelle de vents faibles, que le géant britannique de l'énergie SSE a décrite comme l'une des périodes les moins venteuses dans la majeure partie du Royaume-Uni et de l'Irlande et l'une des plus sèches dans les bassins-versants de ses ouvrages hydroélectriques au cours des soixante-dix dernières années. En conséquence, la production d'électricité de source renouvelable de cette entreprise a été 32 % moindre que prévu entre le 1<sup>er</sup> avril et le 22 septembre. Par la suite, les températures hivernales plus froides que prévu ont entraîné une demande d'électricité supérieure à la normale, ce qui a aggravé le problème<sup>22</sup>.

En attendant que d'autres énergies renouvelables et vertes comme l'éolien et le solaire soient déployées et intégrées dans les réseaux, de nombreux pays ont recours au gaz naturel comme ressource transitoire.

Le prix du gaz naturel a d'ailleurs grimpé en flèche, en partie en raison d'une augmentation de la demande d'énergie, les pays sortant des restrictions imposées dans le contexte de la pandémie.



De plus, le gaz naturel est largement utilisé pour le chauffage résidentiel et la cuisine en Europe, ce qui rend la flambée des prix encore plus perceptible pour les consommateurs.

Les citoyens de pays comme l'Espagne, l'Italie, la France et la Pologne ont vu leurs factures d'énergie atteindre des sommets inégalés. Le prix du gaz a plus que triplé l'année dernière, et les entreprises du secteur de l'énergie, les analystes et les négociants laissent entendre que les prix élevés vont persister.

Bank of America Corp. estime que les ménages européens paieront en moyenne 54 % de plus pour l'énergie cette année qu'en 2020, les plus fortes hausses étant enregistrées au Royaume-Uni et en Italie, où les factures annuelles moyennes devraient augmenter de l'équivalent de plus de 1 000 dollars<sup>23</sup>.

Toute cette situation n'est pas sans effet sur les alumineries. Le taux de production mondial d'aluminium a commencé à chuter à la fin de 2021, les contraintes électriques s'étendant de la Chine à l'Europe.

Les analystes de Citi estiment que la capacité des alumineries a été réduite de 800 000 tonnes dans la région et que jusqu'à 1,2 million de tonnes sont menacées par la flambée des prix de l'électricité. En janvier 2022, quatre alumineries ont annoncé des réductions totalisant plus d'un demi-million de tonnes dans leur capacité de production annuelle, tandis que d'autres ont modifié leur production pour compenser les pics de prix de l'électricité<sup>24</sup>.

Le producteur états-unien Alcoa a invoqué les prix exorbitants de l'énergie pour justifier l'arrêt pendant deux ans de la production de son aluminerie de 228 000 tonnes par année à San Ciprian, en Espagne. L'usine sera mise hors service et reviendra en janvier 2024 avec des contrats d'approvisionnement en électricité renouvelable.

Et la liste se poursuit<sup>25</sup> :

- la fonderie KAP, au Monténégro, a commencé à réduire sa capacité annuelle de 120 000 tonnes à la mi-décembre 2021, car Uniprom, le propriétaire de l'usine, a vu sa facture d'électricité passer de 45 euros (50,89 \$) à 120 euros par mégawattheure au début de 2022;
- le producteur roumain ALRO réduit la production de cinq à deux séries de cuves dans son aluminerie de Slatina, qui fonctionne à environ un tiers de sa capacité jusqu'à nouvel ordre;
- la société hydroélectrique norvégienne Norsk Hydro a revu à la hausse la capacité qu'elle retransche de son aluminerie de Slovalco, en Slovaquie, en réduisant la production à 60 % de la capacité annuelle de l'usine (normalement de 175 000 tonnes par an). Elle invoque pour cela les prix très élevés de l'énergie qui ne montrent aucun signe d'essoufflement à court terme<sup>25</sup>.

L'allongement de la liste des alumineries victimes de la situation en Europe est un signal d'alarme indiquant que les prix élevés de l'énergie constituent une problématique d'ampleur pour l'industrie de l'aluminium dans le monde.

Par conséquent, plus une usine active peut maximiser la quantité de métal viable au cours de son traitement de première fusion, notamment en récupérant efficacement le métal de l'écume à l'aide par exemple du système de récupération d'écume Drosrite™ de PyroGenèse, plus le rendement du capital investi dans l'ensemble du processus de fusion augmente.

# Hausse du prix de l'aluminium

L'industrie doit trouver des solutions pour profiter de l'envolée de la demande et des prix; les nouvelles capacités de production de première fusion étant incertaines, il est vital de pouvoir optimiser la production actuelle.

Dans un contexte d'offre d'énergie insuffisante et de demande d'aluminium en hausse, le prix de l'aluminium a atteint son plus haut niveau, dépassant des prix qui n'ont été observés qu'une fois en 30 ans.

En octobre 2021, le prix a grimpé en flèche pour atteindre son plus haut niveau depuis 13 ans, soit 3 000 \$ US la tonne, un sommet depuis 2008. Avant de franchir ce cap, le prix de l'aluminium se situait généralement entre 1 500 et 2 000 \$ US la tonne <sup>26</sup>.

Avec les réductions de la production chinoise, l'augmentation rapide du prix de l'alumine (à partir de laquelle l'aluminium est fabriqué), la diminution des stocks d'échange et la croissance rapide de la demande, la volatilité était telle que le prix de l'aluminium a augmenté de 50 % sur l'année, dont 15 % en seulement trois semaines, en raison de la spéculation croissante <sup>27</sup>.

## Prix mensuel de l'aluminium en dollars des États-Unis par tonne métrique<sup>36</sup>



La guerre en Ukraine ayant entraîné des problèmes de chaîne d'approvisionnement et des sanctions supplémentaires à l'encontre de la Russie, les prix ont encore grimpé en

flèche, jusqu'à 3 487 \$ la tonne, en raison des craintes de réduction de l'offre de l'usine de Rusal<sup>28</sup>.

Tout se produit à un moment où les entreprises, en particulier celles des secteurs de l'automobile, de l'électronique et de l'emballage, dont Apple et Toyota, ont déjà commencé à exiger de l'aluminium « vert » ou à faible teneur en carbone pour leurs produits, avec une empreinte carbone inférieure à 4 tonnes de CO<sub>2</sub> par tonne d'aluminium.

Les producteurs, notamment les exploitants d'alumineries alimentées par l'énergie hydroélectrique en Norvège et au Canada, qui peuvent faire valoir leur bilan environnemental, y voient une occasion. Certains envisagent de faire payer un prix majoré pour leur produit « vert »<sup>29</sup>.

Traditionnellement, les prix élevés et les nouveaux débouchés inciteraient à accroître la production, mais il faut pour ce faire maintenir un approvisionnement énergétique suffisant, actuellement en péril, pour alimenter les alumineries énergivores.

Dans un contexte d'effort mondial massif de décarbonisation et de limitation du nombre de nouveaux barrages hydroélectriques pouvant être construits (en raison de leur coût élevé, de la longueur des délais de construction et de la lenteur des processus d'examen et d'approbation par les gouvernements), l'option actuellement envisagée serait de maximiser les taux de production actuels.

Les prix de l'aluminium ayant déjà atteint des sommets historiques, la demande augmentant et la nouvelle production étant limitée par une pléthore de conditions macroéconomiques et géopolitiques, chaque goutte d'aluminium compte.

Le système Drosrite™ de PyroGenèse offre la possibilité de récupérer le plus d'aluminium de haute qualité à partir de l'écume de première fusion dans l'industrie, à un faible coût d'exploitation, tout en contribuant à la décarbonisation. Il s'agit en fait de l'une des rares technologies facilement accessibles offrant un avantage immédiat.

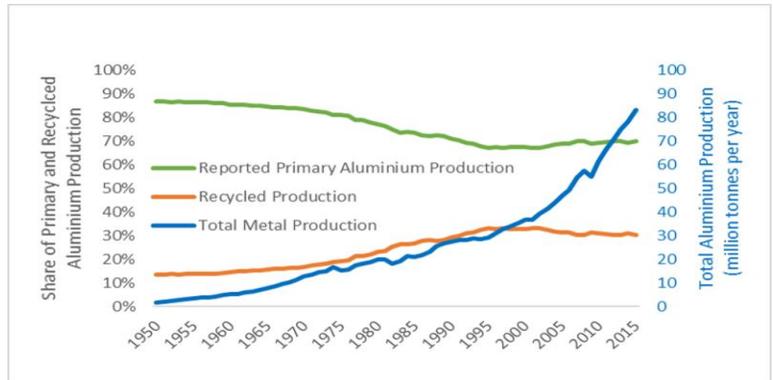
# Conclusion

La volatilité et les difficultés structurelles à court et à long terme continueront d'influer sur l'énergie, la production et les coûts de l'industrie de l'aluminium, ce qui met à l'avant-plan la nécessité de solutions technologiques pour réaliser les plans de croissance.

Pour atteindre l'objectif de réduction nette zéro des émissions d'ici 2050, alors que la demande d'aluminium devrait augmenter de 80 %, l'industrie doit augmenter considérablement la production de deuxième fusion, accroître le recours aux énergies renouvelables et réduire la production à fortes émissions de carbone. Mais ce n'est pas un objectif facile.

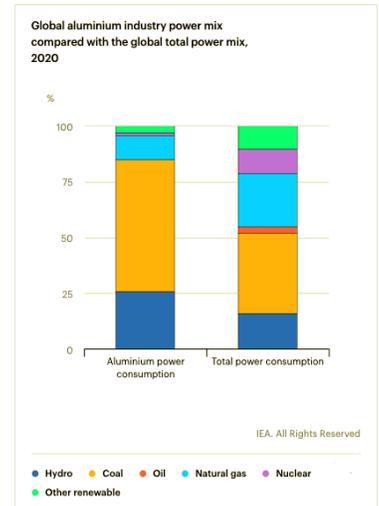
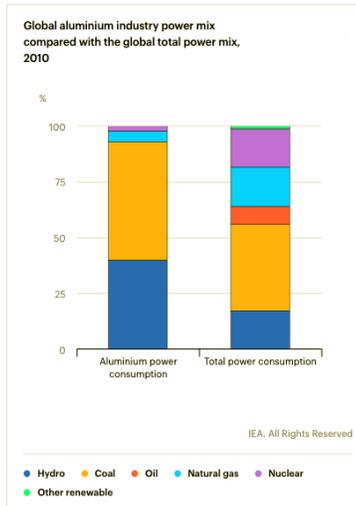
## Part mondiale de la production de métal de première fusion et recyclé<sup>34</sup>

Premièrement, la part mondiale de la production d'aluminium de deuxième fusion est restée relativement constante depuis 2000, à 31-33 % de la production totale d'aluminium et a atteint 34 % en 2019, ce qui représente la part la plus élevée au cours de cette période<sup>32</sup>.



## Ventilation des sources d'énergie de l'industrie mondiale en 2010 et en 2020<sup>32</sup>

Deuxièmement, si l'hydroélectricité est actuellement utilisée pour 25 % de la production mondiale d'aluminium (même si l'hydroélectricité ne représente que 15 % des sources d'énergie dans le monde), cette part a diminué depuis 2010, année où 40 % de la production d'aluminium était alimentée par cette ressource renouvelable<sup>33</sup>.



La diminution s'explique en grande partie par une augmentation de plus de 50 % de la production mondiale d'aluminium au cours de la dernière décennie, principalement en Chine (où le charbon alimente 90 % de la production) et dans les États du Golfe (où le gaz naturel et le charbon sont largement utilisés)<sup>33</sup>.

Enfin, alors que la pandémie et la guerre en Ukraine ont créé de la volatilité dans la logistique et la chaîne d'approvisionnement, elles ont aussi pleinement exposé la vulnérabilité des producteurs d'aluminium à la disponibilité de l'électricité et à l'incertitude des prix de l'énergie.

Il reste donc une question primordiale : comment l'industrie peut-elle atteindre ses objectifs imminents de réduction des émissions de carbone?

Selon l'Agence internationale de l'énergie, la réponse réside dans l'amélioration de la collecte et du tri des déchets en fin de vie pour permettre une plus grande production de deuxième fusion, ainsi que dans la mise au point de nouvelles technologies pour réduire les émissions de la production d'aluminium de première fusion<sup>32</sup>.

PyroGenèse est d'avis qu'elle pourra jouer un rôle majeur en aidant l'industrie à atteindre ses objectifs de réduction d'émissions et d'optimisation de la production au cours des prochaines décennies grâce à ses percées technologiques continues, à ses coentreprises en cours avec les principaux producteurs de l'industrie de l'aluminium et à la commercialisation élargie de ses technologies de pointe (et brevetées) d'amélioration des procédés utilisant des énergies propres et de récupération des métaux.

# Annexe :

## Sources et références supplémentaires

### Sources

1. *The Most Abundant Elements In The Earth's Crust*  
The World Atlas  
<https://www.worldatlas.com/articles/the-most-abundant-elements-in-the-earth-s-crust.html>
2. *Electricity consumption in the production of aluminum*  
MrReid.Org  
<http://wordpress.mrreid.org/2011/07/15/electricity-consumption-in-the-production-of-aluminium>
3. *Why addressing the aluminum industry's carbon footprint is key to climate action*  
Par Renee van Heusden, Forum économique mondial; Morrison Harry, Accenture; Mary Puleo, Accenture; Forum économique mondial  
<https://www.greenbiz.com/article/why-addressing-aluminum-industrys-carbon-footprint-key-climate-action>
4. *Infinitely Recyclable*  
The Aluminum Association  
<https://www.aluminum.org/Recycling>
5. *The Aluminum Manual*  
Association européenne de l'aluminium  
<https://www.european-aluminium.eu/media/1531/aam-materials-1-resources.pdf>
6. *A Review of Secondary Aluminum Production and Its Byproducts, JOM 73, 2603-2614*  
Padamata, S. K., Yasinskiy, A. et Polyakov, P.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-021-04802-y>
7. *World aluminum industry must cut emissions by 77% by 2050 –IAI*, Reuters  
<https://www.reuters.com/world/china/world-aluminium-industry-must-cut-emissions-by-77-by-2050-iai-2021-03-16>
8. *As aluminum surges in China, so do carbon emissions*  
Par Muyi Yang, Ember Climate, Independent Energy Think Tank  
<https://ember-climate.org/insights/research/as-aluminium-surges-in-china-so-do-carbon-emissions>
9. *Rusal halts alumina shipments from Ukraine*, Mining.com  
<https://www.mining.com/rusal-halts-alumina-shipments-from-ukraine>
10. *The Effect Of Imports Of Aluminum On The National Security*  
Département du commerce des États-Unis

[https://www.commerce.gov/sites/default/files/the\\_effect\\_of\\_imports\\_of\\_aluminum\\_on\\_the\\_national\\_security\\_-\\_with\\_redactions\\_-\\_20180117.pdf](https://www.commerce.gov/sites/default/files/the_effect_of_imports_of_aluminum_on_the_national_security_-_with_redactions_-_20180117.pdf)

11. *US calls off tariffs on Canadian aluminum – for now*  
Par Kathleen Harris, Alexander Panetta, CBC News  
<https://www.cbc.ca/news/politics/aluminum-tariffs-trade-trump-trudeau-1.5724391>
12. *Sustainability the new battleground for aluminum producers*  
Par Andy Home, Reuters  
<https://www.reuters.com/article/us-metals-aluminum-ahome-column-idUSKBN1X11E5>
13. *War threatens supply of ‘green’ aluminum for cars, beer cans*  
Par Jale Holzman, Corbin Hiar, Politico  
<https://www.politico.com/news/2022/03/04/war-threatens-global-market-of-green-aluminum-00013400>
14. *Aluminum, shaping a better tomorrow*, International Aluminum Institute  
<https://international-aluminium.org/iai-releases-aluminium-sectors-decarbonisation-dataset-in-line-with-the-international-energy-agencys-beyond-2-degrees-findings>
15. *Carbon neutrality goal forces Chinese aluminum smelters away from captive coal power*  
Par Wood Mackenzie  
<https://www.woodmac.com/press-releases/carbon-neutrality-goal-forces-chinese-aluminium-smelters-away-from-captive-coal-power/>
16. *China’s power crisis: why is it happening, how bad is it, and what if it continues into the freezing winter months?*  
Par Amanda Lee, *South China Morning Post*  
<https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3151710/chinas-power-crisis-why-it-happening-how-bad-it-and-what-if>
17. *What caused China’s electricity shortages; Beijing’s carbon-neutral goal solely to blame?*  
Par Orange Wang et Cissy Zhou, *South China Morning Post*  
<https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3150313/what-has-caused-chinas-electricity-shortages-and-beijings?module=inline&pgtype=article>
18. *Renewable power and aluminum*, Norsk Hydro  
<https://www.hydro.com/fr-CA/aluminum/about-aluminum/renewable-power-and-aluminum>
19. *Controversial Hydroelectric Project Divides Iceland*  
Par Deutsche Welle  
<https://www.dw.com/en/controversial-hydroelectric-project-divides-iceland/a-1019354>
20. *Betting against coal, Rio Tinto taps Quebec’s hydro power to produce green aluminum*  
Par Gabriel Friedman, *Financial Post*  
<https://financialpost.com/commodities/energy/renewables/betting-against-coal-rio-tinto-taps-quebecs-hydro-power-to-produce-green-aluminum>
21. *Renewables overtook fossil fuels as EU’s main power source in 2020*  
Par Kira Taylor, Euractiv  
<https://www.euractiv.com/section/energy/news/renewables-overtook-fossil-fuel-as-main-source-of-eus-electricity-in-2020>
22. *UK energy titan SSE says low wind, driest conditions in 70 years hit renewable generation*  
Par Pippa Stevens, CNBC  
<https://www.cnn.com/2021/09/29/sse-says-low-wind-dry-conditions-hit-renewable-energy-generation.html>
23. *European Energy Bills to Rise 54% From 2020 Level, BofA Says*  
Par Rachel Morrison et Todd Gillespie, Bloomberg  
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-01-05/european-energy-bills-to-rise-54-from-2020-level-bofa-says>

24. *Power problems take a toll on global aluminum output*  
Par Andy Home, Reuters, via Mining.com  
<https://www.mining.com/web/power-problems-take-a-toll-on-global-aluminum-output>
25. *Europe's power crunch sparks aluminum smelter meltdown*  
Par Andy Home, Reuters, via Mining.com  
<https://www.mining.com/web/europes-power-crunch-sparks-aluminum-smelter-meltdown>
26. *China's aluminum supply shortage keeps prices near 13-year high with little sign of easing amid power cuts, emissions targets*  
Par Cyril Ip et Su-Lin Tan, *South China Morning Post*  
<https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3154113/chinas-aluminium-supply-shortage-keeps-prices-near-13-year>
27. *Aluminum hits \$3,000 for first time since 2008 on fears supplies will run short*  
Par Reuters via *Financial Post*  
<https://financialpost.com/commodities/mining/soaring-aluminum-hits-3000-for-first-time-since-2008>
28. *Aluminum nears record high as Russia-Ukraine conflict threatens supplies*  
Par Pratima Desai, Reuters  
<https://www.reuters.com/markets/europe/lme-aluminium-holds-firm-russian-supply-risks-2022-03-01>
29. *Hydro-powered smelters charge premium prices for 'green' aluminum*  
Par Peter Hobson, Reuters  
<https://www.reuters.com/article/us-aluminum-sales-environment/hydro-powered-smelters-charge-premium-prices-for-green-aluminum-idUSKBN1A11CF>
30. *Aluminum for Climate: Exploring pathways to decarbonize the aluminum industry*  
Accenture pour le Forum économique mondial  
[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Aluminium\\_for\\_Climate\\_2020.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Aluminium_for_Climate_2020.pdf)
31. *Faits sur l'aluminium*  
Ressources naturelles Canada (RNCAN), gouvernement du Canada  
<https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/mines-materiaux/faits-mineraux-metaux/faits-sur-laluminium/20568>
32. *Aluminum*, AIE, 2021, Paris, <https://www.iea.org/reports/aluminium>
33. *Tracking Aluminum*, AIE, 2020, Paris, <https://www.iea.org/reports/tracking-aluminium-2020>
34. <https://recycling.world-aluminium.org/review/recycling-indicators/>  
Global Share of Primary and Recycled Metal Production  
International Aluminum Institute
35. *An Energy Sector Roadmap to Carbon Neutrality in China*, AIE, 2020,  
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/6689062e-43fc-40c8-9659-01cf96150318/AnenergysectorroadmaptocarbonneutralityinChina.pdf>
36. IndexMundi.com  
<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=aluminum&months=240>

## Références supplémentaires

*Aluminum price jumps to record as Russian attacks boosts supply risks*

Bloomberg News

<https://www.mining.com/web/aluminum-price-jumps-to-record-as-russian-attack-boosts-supply-risks>

*Aluminum Hits Highest Since 2008 on LME, Closes in on a Record*

Par Mark Burton et Yvonne Yue Li, Bloomberg

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-02-08/aluminum-hits-highest-since-2008-on-lme-closing-in-on-a-record>

*Aluminum Hovers Near 13-Year High as Trade Weighs Ukraine Crisis*

Bloomberg News

<https://www.bnnbloomberg.ca/aluminum-hovers-near-13-year-high-as-trade-weighs-ukraine-crisis-1.1724047>

*Russia's invasion of Ukraine to impact global aluminum supply*

S&P Global Commodity Insights

<https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/market-insights/latest-news/metals/022422-russias-invasion-of-ukraine-to-impact-global-aluminum-supply-nickel-prices-surge>

*Ukraine war spurs shipment of Aluminum from China to Europe*

Bloomberg via *The Economic Times*

<https://economictimes.indiatimes.com/small-biz/trade/exports/insights/ukraine-war-spurs-shipments-of-aluminum-from-china-to-europe/articleshow/90009073.cms?from=mdr>

*Alcoa Warns Russia-Ukraine Conflict Could Hit Aluminum Supply*

Par Joe Deaux, Bloomberg News

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-01-19/alcoa-warns-russia-ukraine-conflict-could-hit-aluminum-supply>

*War risk spurs repricing in base metals*

Par Wenyu Yao, stratégiste principale sur les biens de consommation, ING Economic and Financial Analysis

<https://think.ing.com/articles/war-risk-spurs-repricing-in-base-metals>

*Five ways the Ukraine crisis could push up prices*

Lora Jones, journaliste économique, BBC News

<https://www.bbc.com/news/business-60509453>

*War in Ukraine disrupts key supply chains – and lives*

Par Matt O'Brien, Associated Press

<https://abcnews.go.com/Business/wireStory/war-ukraine-disrupts-key-supply-chains-lives-83450680>

*Economic Impact on Canada of the War in Ukraine*

Par Pedro Antunes, Conference Board du Canada

<https://www.conferenceboard.ca/insights/featured/canadian-economics/economic-impact-on-canada-of-the-war-in-ukraine>

*How Russia's War on Ukraine 'Affects Green Aluminum'*

Par Lloyd Alter, Treehugger

<https://www.treehugger.com/russia-ukraine-war-affects-green-aluminum-5221119>

*Budweiser Brings Environmentally Friendly Beer Cans to Europe*

Par Joe Deaux, Bloomberg

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-09-20/budweiser-brings-environmentally-friendly-beer-cans-to-europe>

*How Tariffs on Canadian Aluminum Hurt the Climate*

Par Lloyd Alter, Treehugger

<https://www.treehugger.com/how-tariffs-on-canadian-aluminum-hurt-the-climate-5074147>

*U.S. Aluminum Manufacturing: National Security and Tariffs*

Par Michaela D. Platzer, spécialiste en organisation industrielle

et affaires et Heidi M. Peters, analyste en politique d'acquisition de la défense des États-Unis, Congressional Research Service

<https://sgp.fas.org/crs/natsec/IF11787.pdf>

*This remote factory is where Trump may finally draw the line on trade*

Par Ana Swanson, *Washington Post*

<https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2017/06/29/this-remote-factory-is-where-trump-may-finally-draw-the-line-on-trade>

*Aluminum producing and consuming industries have thrived under U.S. Section 232 import measures*

Par Adam S. Hersh et Robert E. Scott, Economic Policy Institute

<https://www.epi.org/publication/aluminum-producing-and-consuming-industries-have-thrived-under-u-s-section-232-import-measures>

*Aluminum Production*

Alton T. Tabereaux et Ray D. Peterson, dans *Treatise on Process Metallurgy: Industrial Processes*, 2014 via Science Direct

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/aluminum-production>

*American Companies Still Make Aluminum. In Iceland*

Par Binyamin Appelbaum, *The New York Times*

<https://www.nytimes.com/2017/07/01/us/politics/american-companies-still-make-aluminum-in-iceland.html>

*Aluminum*

Northwest Power and Conservation Council

<https://www.nwcouncil.org/reports/columbia-river-history/aluminum>

*Cost Pressures Mount for China's aluminum smelters as regions end discount power deals*

Par S&P Global Commodity Insights

<https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/market-insights/latest-news/metals/102021-cost-pressures-mount-for-chinas-aluminum-smelters-as-regions-end-discount-power-deals>

*Aluminum is Recycling's New Best Friend, But It's Complicated*

Par Justine Calma, *The Verge*

<https://www.theverge.com/2019/9/12/20862775/aluminum-recycling-water-tech-plastic-manufacturing-cocacola-pepsi-apple>

*Recycled aluminum could meet 50 percent of demand by 2050*

International Aluminum Institute via Waste Management World

<https://waste-management-world.com/artikel/recycled-aluminum-could-meet-50-percent-of-demand-by>

*International Aluminum Institute: Post-Consumer Aluminum Scrap Tops 20 Million Tonnes for the First Time*

International Aluminum Institute via Business Wire  
<https://www.businesswire.com/news/home/20210525005793/en/International-Aluminum-Institute-Post-consumer-Aluminum-Scrap-Tops-20-Million-Tonnes-for-the-First-Time>

*Global aluminum needs up to \$1.5 trillion investment to decarbonize energy supplies: IAA*  
Par Diana Kinch, S&P Global Commodity Insights  
<https://www.spglobal.com/commodity-insights/pt/market-insights/latest-news/coal/031621-global-aluminum-needs-up-to-15-trillion-investment-to-decarbonize-energy-supplies-iaa>

*All the World's Metals and Minerals in One Visualization*  
Par Nicholas LePan, Visual Capitalist  
<https://www.visualcapitalist.com/all-the-worlds-metals-and-minerals-in-one-visualization>

*Energy needed to produce aluminum*  
Energy Information Administration des États-Unis, Independent Statistics and Analysis  
<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=7570>

*Australian alumina ban will squeeze Rusal and aluminum*  
Par Andy Home, Reuters, via Mining.com  
<https://www.mining.com/web/australian-alumina-ban-will-squeeze-rusal-and-aluminum>

*Aluminum: Material Specific Data*  
Agence de protection de l'environnement des États-Unis  
<https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/aluminum-material-specific-data>

*Why Europe's energy prices are soaring and could get much worse*  
Par Jorge Liboreiro et Alberto de Filippis, Euronews  
<https://www.euronews.com/my-europe/2021/10/28/why-europe-s-energy-prices-are-soaring-and-could-get-much-worse>

*What's Behind Europe's Skyrocketing Energy Prices?*  
Par Lars Paulsson, Bloomberg via *Washington Post*  
[https://www.washingtonpost.com/business/energy/whats-behind-europes-skyrocketing-energy-prices/2022/02/08/212dec90-88d1-11ec-838f-0cfd69c3c3c\\_story.html](https://www.washingtonpost.com/business/energy/whats-behind-europes-skyrocketing-energy-prices/2022/02/08/212dec90-88d1-11ec-838f-0cfd69c3c3c_story.html)

*Euro zone consumers in for a shock as power bills soar*  
Par Francesco Canepa, *The Globe and Mail*  
<https://www.theglobeandmail.com/business/industry-news/energy-and-resources/article-euro-zone-consumers-in-for-a-shock-as-power-bills-soar>

*General Facts and Figures*  
International Aluminum Association  
<https://international-aluminum.org>

*Vision 2050: European Aluminum's Contribution to the EU Mid-Century Carbon Roadmap*  
Association européenne de l'aluminium  
<https://www.european-aluminum.eu/vision-2050>

*IEFA update: Is IEA Sustainable Development Scenario reflecting the Paris Agreement?*  
Par Tim Buckley, Institute for Energy Economics and Financial Analysis  
<https://ieefa.org/is-the-sustainable-development-scenario-reflecting-the-paris-agreement>

*Beyond 2 Degrees: The Outlook for The Aluminum Sector Factsheet*  
International Aluminum Institute  
<https://international-aluminum.org/resource/beyond-2-degrees-the-outlook-for-the-aluminum-sector-factsheet>