

## POINT DE VUE ÉCONOMIQUE

# Les technologies vertes et les métaux

Par Marc-Antoine Dumont, économiste

Alors qu'historiquement, la consommation de métaux provenait principalement de la construction, de la production industrielle et des infrastructures, le développement des technologies vertes risque fort bien de remanier la composition de la demande. De l'électrification des transports au développement des énergies renouvelables, de nouveaux besoins de métaux émergent et on peut se questionner quant aux répercussions de ces changements.

Ce *Point de vue économique* explore comment le développement des technologies vertes pourrait affecter l'aluminium, le cuivre, le nickel, le lithium et le graphite. Même si plusieurs autres métaux pourraient être analysés, les cinq mentionnés joueront un rôle stratégique dans l'économie mondiale des prochaines décennies et seront déterminants dans le développement de l'énergie solaire, des véhicules électriques ou encore des bâtiments verts. Une réaction inadéquate de l'offre ou une demande plus faible qu'anticipé pourraient faire pression à la hausse ou à la baisse sur le prix ou favoriser le développement de certaines technologies comparativement à d'autres.

### Définition

Il n'y a pas de définition communément acceptée ou internationalement reconnue pour les technologies vertes. Le terme est souvent utilisé pour décrire les énergies renouvelables, les voitures électriques ou les méthodes de recyclage des matériaux. Ainsi, pour cet exercice, on définit les technologies vertes comme l'ensemble des technologies, des services ou des biens qui ont le potentiel de réduire l'empreinte environnementale. Cette définition permet d'inclure les énergies renouvelables, les batteries ou encore l'électrification de la société dans les technologies vertes et d'aborder l'effet sur les métaux de base sous un angle global.

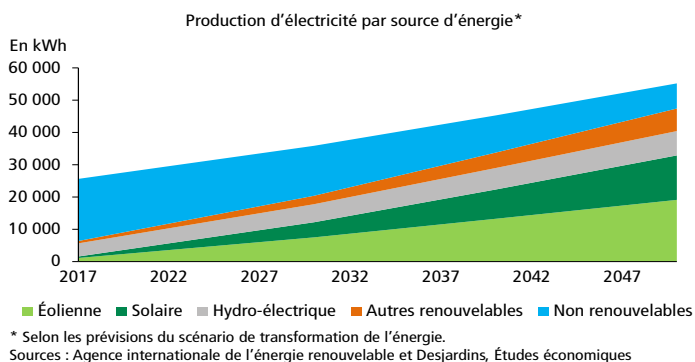
L'ensemble des scénarios et des prévisions utilisés dans cette analyse sont basés sur des modèles construits en fonction de l'objectif principal de l'Accord de Paris sur le climat, soit de limiter la hausse de la température mondiale à moins de 2° C par rapport aux niveaux préindustriels, et sur la banque de modèles de l'[Agence internationale de l'énergie](#) (AIE). Puisque 194 pays, y compris les États-Unis et la Chine, ont signé cet accord, ces modèles offrent une vision générale de la tendance de croissance des technologies vertes. Ce *Point de vue économique* n'a pas l'intention de prévoir ce qui va se passer, mais il explore plutôt l'évolution des technologies vertes et leurs potentiels effets sur le marché des métaux jusqu'en 2050.

### Les technologies vertes

Alors que la plupart des pays ont annoncé leurs intentions de se défaire des énergies polluantes, il est clair que les énergies renouvelables joueront un rôle important au courant des prochaines décennies. Ainsi, l'[Agence internationale de l'énergie renouvelable](#) (IRENA) prévoit que la proportion de l'électricité produite par les énergies renouvelables passerait de 13 % en 2017 à 65 % en 2050. Même si la production électrique provenant de sources comme l'hydroélectricité et la géothermie s'accroîtrait, les principaux moteurs derrière cette croissance seraient l'énergie solaire et l'énergie éolienne. L'IRENA prédit que leur production d'électricité augmenterait respectivement d'environ 18 000 kWh et 13 000 kWh (kilowattheures) d'ici 2050 (graphique 1).

Selon l'[AIE](#), dans son scénario de base intégrant les politiques déjà adoptées ou annoncées, le nombre de véhicules électriques sur les routes pourrait passer de 8 à 140 millions de 2019 à 2030. Dans le scénario plus agressif où la transition énergétique s'effectue rapidement, le nombre de véhicules électriques sur les routes pourrait atteindre 245 millions en 2030. Les pays asiatiques, principalement la Chine, connaîtraient la plus forte croissance et deviendraient le plus gros marché de véhicules électriques. L'électrification des transports crée une demande sans précédent pour les batteries alors que les chaînes de valeurs ne sont pas encore développées. De plus, les batteries

**GRAPHIQUE 1**  
La part des énergies renouvelables risque de s'accroître



risquent d'être un élément important de la transformation du réseau électrique. Elles sont essentielles pour l'utilisation à grande échelle de moyens de production intermittents d'électricité comme les panneaux solaires ou les éoliennes. La [Banque mondiale](#) prévoit que les besoins en stockage de l'énergie devraient quintupler d'ici 2050 pour atteindre 22 kWh. Des véhicules électriques au réseau électrique, les batteries risquent d'être omniprésentes et nécessiteront une quantité importante de métaux.

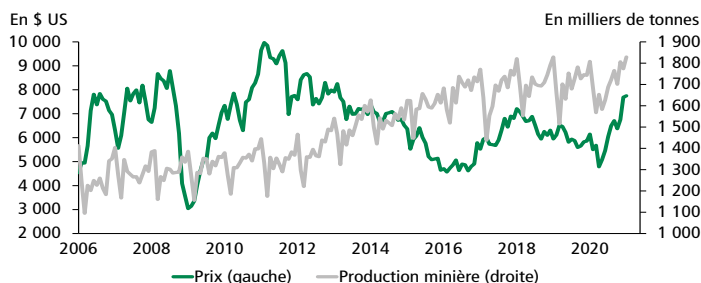
Encore plusieurs autres technologies n'ont pas été mentionnées, comme les bâtiments verts utilisant et produisant de l'électricité, les fournaies électriques pour le raffinement des métaux ou les bornes de chargement pour les véhicules électriques. À des fins de simplicité, l'ensemble des technologies favorisant davantage l'utilisation de l'électricité afin de réduire l'empreinte environnementale sont implicitement mentionnées lorsque l'on parle d'électrification de la société. Dans les scénarios, cela est représenté par une intensité d'utilisation accrue de certains métaux comme le cuivre et l'aluminium.

### Cuivre

La bonne conductivité électrique du cuivre fait de lui l'un des métaux les plus utilisés dans les technologies vertes. Il n'est donc pas surprenant que la production de cuivre ait augmenté de 30 % depuis 2006. La tendance à l'électrification se fait déjà ressentir sur le prix du cuivre alors que celui-ci s'est apprécié de 43 % depuis le début de 2019 (graphique 2) en raison de la demande croissante et d'une offre restreinte. Le développement des technologies vertes risque d'accroître la demande. Ce métal représente 12,0 % et 4,5 % de la demande de métaux pour l'énergie solaire et l'énergie éolienne, respectivement, en plus d'être largement utilisé dans le filage électrique, selon la Banque mondiale.

Les perspectives économiques sont donc favorables à un accroissement de la demande de cuivre afin de répondre aux besoins provenant des technologies vertes. Uniquement pour

**GRAPHIQUE 2**  
Après une bonne croissance, la production de cuivre stagne depuis quelques années



Sources : International Copper Study Group, Datastream et Desjardins, Études économiques

les énergies renouvelables, sans les batteries, la demande cumulée jusqu'en 2050, selon la Banque mondiale, devrait être d'environ 30 millions de tonnes. Il faut noter que cette prévision exclut les besoins en infrastructure et les besoins industriels, qui représentent plus de 50 % de la demande de cuivre. Lorsqu'on ceux-ci sont intégrés aux scénarios, la demande pourrait s'accroître de 150 % à 250 % d'ici 2050. Bien que plusieurs facteurs, comme la conjoncture économique, l'innovation technologique et les politiques gouvernementales, puissent largement influencer ces prévisions, une tendance positive semble claire.

L'offre, quant à elle, fait face à plusieurs obstacles. Le marché du cuivre est présentement en situation de déficit en raison de sous-investissements dans le développement de nouvelles mines au courant des dernières années. Cela se constate par la stagnation de la production depuis 2016. Plusieurs projets d'expansion des capacités sont en développement, mais il faudra attendre 2024 avant que ceux-ci ne deviennent opérationnels et que le marché ne s'équilibre. De plus, le [Commodities Research Unit](#) (CRU) anticipe que plus de 200 mines épuiseront leur réserve d'ici 2035 et que celles qui resteront en activité, comme Grasberg en Indonésie et Chuquicamata au Chili, pourraient devoir transiter de mines à ciel ouvert vers des tunnels souterrains, complexifiant leurs opérations, en raison de l'épuisement des dépôts facilement accessibles. Alors que, par le passé, le Chili et le Pérou étaient les plus importants mineurs de cuivre, le niveau élevé du prix ainsi que les perspectives favorables pour la demande encouragent les autres principaux producteurs, comme l'Australie et le Canada, à accroître leur capacité de production (tableau 1 à la page 3). Bien que l'offre de cuivre soit en croissance, plus d'investissements seront nécessaires à moyen et à long terme afin de suivre l'évolution de la demande.

**TABLEAU 1**  
**Production de cuivre en 2019**

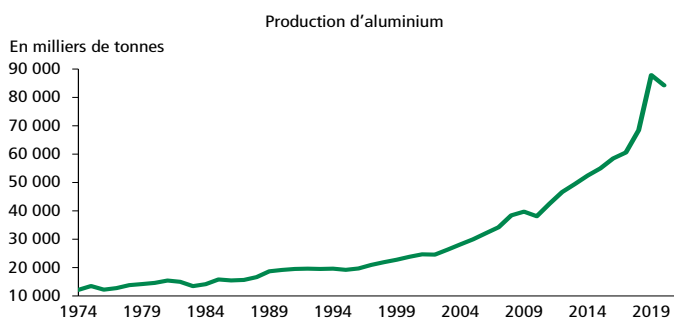
	PRODUCTION MINIÈRE	RAFFINAGE
Australie	934 000	426 000
Canada	573 000	281 000
Chili	5 790 000	2 270 000
Chine	1 680 000	9 780 000
Congo	1 290 000	1 080 000
États-Unis	1 260 000	1 030 000
Pérou	2 460 000	308 000
Russie	801 000	1 050 000
Reste du monde	3 100 000	3 640 000
<b>TOTAL</b>	<b>20 400 000</b>	<b>24 500 000</b>

Sources : U.S. Geological Survey et Desjardins, Études économiques

## Aluminium

Les propriétés versatiles de l'aluminium lui permettent de jouer un rôle central dans l'émergence des technologies vertes et dans la décarbonisation de la société. Ce matériau léger, malléable, recyclable ainsi que bon conducteur électrique et thermique voit sa demande croître alors que son utilisation s'intensifie dans des secteurs tels que l'industrie automobile, la construction ou les énergies renouvelables.

La production mondiale de nouvel aluminium, aussi appelé l'aluminium primaire, a considérablement augmenté depuis les années 1970, passant de 12 à 84 millions de tonnes (graphique 3), afin de suivre l'augmentation rapide de la demande. Même si le rythme de croissance devrait ralentir, le [European Aluminium](#) prévoit que la demande annuelle d'aluminium devrait croître de 50 % d'ici 2050, voire plus, en raison de son utilisation accrue dans les différentes sphères économiques. Dans ce scénario, la Chine, le plus gros consommateur d'aluminium, devrait voir sa consommation ralentir, puis décroître aux environs de 2035. Alors qu'aujourd'hui, elle représente 50 % de la demande mondiale, elle n'en représenterait que 40 % en 2050 puisque ses besoins en infrastructure auront diminué et que la demande

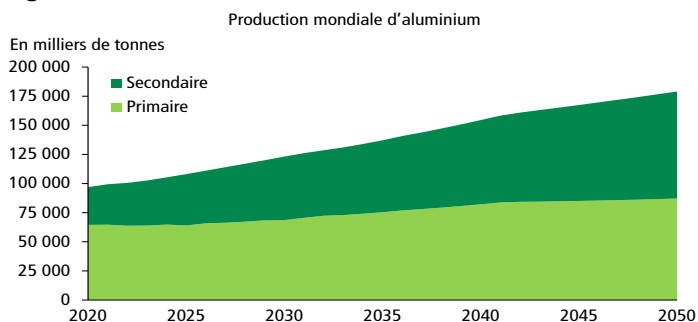
**GRAPHIQUE 3**  
**Les besoins en aluminium sont de plus en plus nombreux**


Sources : International Aluminium Institute, Datastream et Desjardins, Études économiques

à l'international sera plus forte. Le principal moteur derrière la croissance de la demande serait le reste des pays asiatiques, principalement l'Inde. Les économies développées, quant à elles, verraient leur demande augmenter, mais plus lentement.

Selon la Banque mondiale, le développement des énergies renouvelables, excluant les batteries, demanderait un ajout totalisant 110 millions de tonnes d'aluminium sur 30 ans. L'énergie solaire et l'énergie éolienne seraient les principaux consommateurs puisque la demande cumulée jusqu'en 2050 serait de 90 et 10 millions de tonnes respectivement. Les caractéristiques avantageuses de l'aluminium font de lui un métal essentiel à la croissance des technologies vertes, d'où son surnom de « métal du futur ».

Bien que la capacité de production de l'aluminium soit suffisante pour répondre à la demande, la pollution résultant de l'exploitation minière et des alumineries fonctionnant aux énergies fossiles risquent de motiver d'importants changements du côté de l'offre. La production d'aluminium primaire est très énergivore, mais celle faite à partir d'aluminium recyclé, aussi appelée production d'aluminium secondaire, demande 20 fois moins d'énergie. Par conséquent, [World Aluminium](#) prévoit que la proportion du métal produite à partir de matériel recyclé passerait de 30 % en 2020 à 50 % en 2050, alors que la production totale d'aluminium augmenterait de 82 millions de tonnes (graphique 4). La majorité de la croissance de la production viendrait donc d'aluminium recyclé. De plus, de nouvelles technologies font leur entrée dans le marché, comme les fournaies électriques, qui, si la source énergétique est propre, sont plus efficaces et moins polluantes que les fournaies au charbon communément utilisées en Asie. Ainsi, une restructuration de l'offre quant aux méthodes de production employées est envisageable au cours des prochaines années et pourrait limiter la production, le temps de déployer les nouvelles technologies. Une situation qui est présentement observée en Chine avec la fermeture temporaire des alumineries au charbon dans le cadre du plan vert gouvernemental.

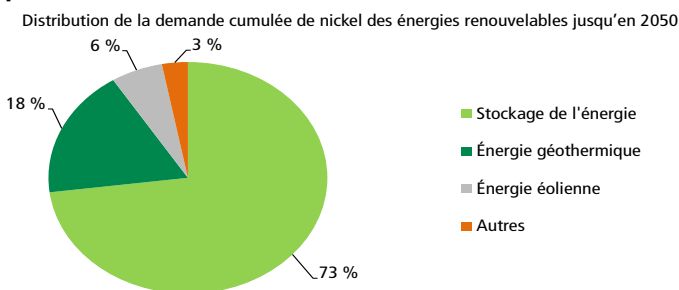
**GRAPHIQUE 4**  
**La production d'aluminium secondaire pourrait s'accroître significativement**


Sources : World Aluminium et Desjardins, Études économiques

## Nickel

Le nickel profite lui aussi d'une bonne polyvalence et d'un usage assez généralisé, par exemple dans les appareils électroniques, dans le stockage de l'énergie et dans l'acier inoxydable. La demande provenant des batteries n'est toutefois pas homogène, les besoins en minéraux variant en fonction du type de cathodes utilisées. Dans le cas du nickel, les modèles NMC811, un type de batteries en développement plus efficaces pour les véhicules électriques, ont la plus forte demande de nickel, atteignant 80 % des besoins en minéraux pour certains sous-modèles. Un ensemble de divers modèles nécessitant différentes quantités de métaux risque toutefois d'être utilisé, ce qui répartirait la demande entre plusieurs matériaux comme le lithium, le cobalt et le graphite. Ainsi, la demande cumulée de nickel pour les batteries jusqu'en 2050, selon la Banque mondiale, devrait se situer entre 15 et 25 millions de tonnes, tout dépendant quels modèles seraient utilisés. Lorsque l'ensemble des énergies renouvelables sont incluses dans la prévision, la demande cumulée se situe aux alentours de 35 millions de tonnes. Contrairement à l'aluminium et au cuivre, où la demande est répartie entre les différentes technologies vertes, les besoins en nickel se concentrent dans le stockage de l'énergie (graphique 5).

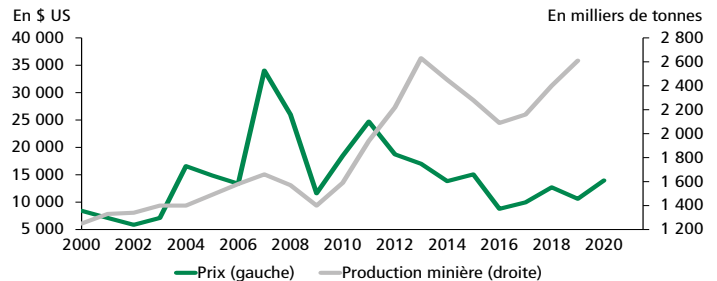
**GRAPHIQUE 5**  
La majorité du nickel produit pour les énergies vertes sert à la production de batteries



Sources : Banque mondiale et Desjardins, Études économiques

Le marché du nickel est segmenté en deux catégories : de qualité supérieure, appelée classe 1, et de qualité inférieure, appelée classe 2. Étant donné que les technologies vertes utilisent du nickel de classe 1, la croissance de l'offre risque de se concentrer autour de la production de cette gamme. La production de la classe 2, notamment pour l'acier inoxydable, risque toutefois de demeurer importante puisque les besoins restent croissants. Le nickel de classe 1 était historiquement produit à partir de dépôts de sulfure, mais le faible nombre de nouveaux dépôts découverts et de nouvelles mines réoriente la production vers les dépôts de latérite. Le faible niveau du prix des dernières années a quelque peu freiné le développement de nouvelles capacités de production (graphique 6). Ainsi, l'offre de nickel risque d'être en retard sur la demande et de créer une pression haussière sur le prix à court et à moyen terme.

**GRAPHIQUE 6**  
Le faible prix du nickel a freiné l'offre

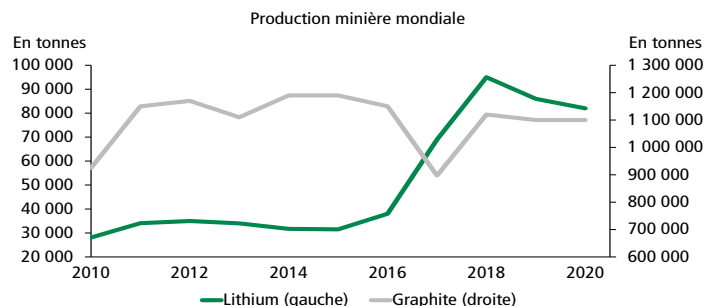


Sources : U.S. Geological Survey, Datastream et Desjardins, Études économiques

## Lithium et graphite

Par le passé, la production de lithium et de graphite était relativement basse en raison de la faible utilisation de ces métaux. Comme mentionné précédemment, la production croissante de véhicules électriques ainsi que les perspectives favorables à cet égard ont amené d'importantes hausses de la production de lithium (graphique 7). Cette croissance est due à l'Australie, qui a quadruplé sa production de 2017 à 2018, devenant le premier producteur de lithium au monde. La Banque mondiale prévoit que la demande pour ces métaux devrait croître d'un peu moins de 500 % d'ici 2050. Il s'agit, en terme relatif, de la plus forte croissance parmi les métaux abordés dans ce *Point de vue économique*. Tout comme pour le nickel, la croissance de la demande dépend des modèles de batteries utilisés et des coûts de production. Une pénurie ou un surplus d'un minerai pourrait influencer le type de batteries produit et, ainsi, la demande des métaux utilisés dans le stockage de l'énergie.

**GRAPHIQUE 7**  
Importante hausse de la production de lithium



Sources : U.S. Geological Survey et Desjardins, Études économiques

**TABLEAU 2**  
**Réserves mondiales de lithium en 2020**

	RÉSERVE*	PROPORTION
	tonnes	%
Argentine	1 900 000	9,05
Australie	4 700 000	22,38
Brésil	95 000	0,45
Canada	530 000	2,52
Chili	9 200 000	43,81
Chine	1 500 000	7,14
États-Unis	750 000	3,57
Zimbabwe	220 000	1,05
Reste du monde	2 100 000	10,00
<b>TOTAL</b>	<b>21 000 000</b>	<b>100,00</b>

\* Les réserves sont les dépôts de minerais pouvant être exploités.  
 Sources : U.S. Geological Survey et Desjardins, Études économiques

Le développement de la production de lithium est souvent décrit comme la nouvelle ruée vers l'or. Pour des pays comme l'Argentine, l'Australie, le Chili et la Chine, qui possèdent ensemble plus de 80 % des réserves, l'exploitation du lithium, surnommé l'or blanc, représente potentiellement de lucratives occasions (tableau 2). Même si la production devrait continuer de s'accroître dans les pays les plus riches en lithium, de nouveaux joueurs comme les États-Unis et le Canada risquent de faire leur entrée dans le marché. La demande croissante ainsi que la dépendance à la Chine, de plus en plus vue comme une vulnérabilité, ont amené plusieurs gouvernements à repenser la structure de leurs chaînes de valeurs. Ainsi, de nouveaux projets sont en cours de développement, notamment en Californie par Rio Tinto et au Manitoba par QMC Quantum Minerals.

Du côté du graphite, la situation est similaire. La demande provenant des besoins en stockage de l'énergie incite les producteurs à développer de nouvelles capacités de production. La Chine est le plus important producteur, avec plus de 60 % des parts de marché, soit 7 millions de tonnes produites en 2019. Sans le développement de nouvelles mines, l'offre pourrait ne pas être en mesure de suivre la demande. Ainsi, le Brésil, la Chine, l'Inde et la Turquie risquent de jouer un rôle central dans l'accroissement de l'offre en raison de leurs grandes réserves et de leur capacité à développer de nouvelles exploitations minières (tableau 3). Malgré le fait que les plus petits joueurs, comme Madagascar ou la Tanzanie, devraient augmenter leur production de graphite, ces pays font face à des défis de développement durable et de financement. De plus, plusieurs pays sont réticents à exporter leurs ressources naturelles afin de maximaliser les retombées économiques locales.

### Conclusion

Malgré la vaste étendue de différences entre les nombreuses technologies vertes, ces dernières partagent un point commun : une intensité d'utilisation accrue de métaux. Ainsi, la demande pour ceux-ci devrait s'accroître significativement d'ici 2050 afin de répondre à ces nouveaux besoins. Pour certains métaux comme le lithium et le graphite, la demande pourrait augmenter

**TABLEAU 3**  
**Réserves mondiales de graphite en 2020**

	RÉSERVE*	PROPORTION
	tonnes	%
Brésil	70 000 000	22,88
Chine	73 000 000	22,81
Inde	8 000 000	2,50
Madagascar	26 000 000	8,13
Mozambique	25 000 000	7,81
Ouzbékistan	7 600 000	2,38
Tanzanie	17 000 000	5,31
Turquie	90 000 000	28,13
Reste du monde	3 400 000	1,06
<b>TOTAL</b>	<b>320 000 000</b>	<b>100,00</b>

\* Les réserves sont les dépôts de minerais pouvant être exploités.  
 Sources : U.S. Geological Survey et Desjardins, Études économiques

de 500 %. Même pour le cuivre, où la croissance en terme relatif est plus faible, la hausse en absolu est colossale. Toutefois, la vitesse à laquelle la transition énergétique s'effectue et à laquelle les nouvelles technologies sont intégrées sera déterminante dans la fluctuation des prix sur le marché des métaux. Une réaction inadéquate de la production, une forte volatilité des prix ou des besoins plus faibles qu'anticipé pourraient entraîner un désalignement de l'offre et de la demande provoquant des pressions haussières ou baissières sur les prix. Certaines technologies vertes pourraient être favorisées par rapport à d'autres advenant des coûts de production trop élevés ou encore une trop forte empreinte carbone de l'exploitation minière.

[Statistique Canada](#) estime qu'en 2019, le pays a produit pour 28 G\$ en minerais métalliques. Alors que les prix sont élevés et que la demande provenant des technologies vertes croît, la valeur de la production de métal devrait augmenter puisque le sous-sol du pays est très riche en nickel et en cuivre, avec respectivement 2,8 millions et 9,0 millions de tonnes en réserve. De plus, le Canada est le quatrième producteur d'aluminium primaire mondial, avec 2,9 millions de tonnes produites en 2019. Sur les dix alumineries primaires au pays, neuf se situent au Québec et elles utilisent principalement l'hydroélectricité comme source d'énergie, faisant de l'aluminium canadien l'un des moins polluant parmi les principaux producteurs. Le Québec fait aussi des percées dans le secteur des batteries puisqu'il s'agit de la seule province productrice de lithium et de graphite, et Hydro-Québec souhaite mettre de l'avant ces avantages avec la production d'une batterie à électrolyte solide 100 % québécoise pouvant être utilisée dans les véhicules électriques. La disponibilité des ressources naturelles nécessaires au développement des technologies vertes offre ainsi des perspectives économiques prometteuses au Canada.