



TENDANCES
RECYCLAGE

Le recyclage des batteries lithium-ion, nouvelle frontière de l'électrification de la mobilité

PIERRE BENABIDÈS • Expert consultant Recyclabilité & Développement de marchés, Lichens

SARA-EMMANUELLE DUBOIS • Présidente fondatrice, Novaxia

ANTOINE GILLOD • Coordinateur, Observatoire Climate Chance

Derrière l'électrification des usages, de la mobilité à la transition numérique, se cachent de précieux minéraux dont la production est entre les mains d'un nombre limité d'acteurs. La valorisation de ces minéraux relève donc de la capacité des pays à les développer et à les exploiter ou, à défaut de disposer des ressources vierges, de développer des ressources secondaires à partir du recyclage et de la récupération. En particulier, la forte demande pour les batteries lithium-ion, essentielles au déploiement à grande échelle des véhicules électriques, laisse entrevoir une concurrence accrue pour l'accès aux métaux stratégiques que sont le cobalt, le nickel ou encore le lithium. Pourtant, le recyclage de ces batteries demeure un parent pauvre des stratégies de régionalisation des filières industrielles. Dans ce paysage, la province du Québec, au Canada, se distingue pour son soutien public proactif à l'industrie émergente du recyclage des batteries.



PANORAMA DES DONNÉES

Les batteries Li-ion, un produit mondialisé au cœur des transitions locales

L'engouement pour les véhicules « sans émission » a connu un essor considérable en 2020. La tendance s'est poursuivie au premier semestre 2021, avec des ventes mondiales de véhicules électriques (VE) en hausse de 168 % par rapport à l'année précédente¹. Le marché est stimulé par les objectifs de pénétration des véhicules électriques dans le parc automobile fixés par les États, l'exclusion des véhicules thermiques dans certaines villes et les mesures incitatives envers les citoyens et les constructeurs (cf. **dossier Transport**). En définitive, la juxtaposition de ces objectifs publics et privés à la croissance des réseaux de stockage d'énergie autonomes (*grid storage*), contribuera à augmenter la demande pour des technologies alternatives, dont les batteries lithium-ion.

Depuis leur introduction commerciale en 1991, le prix des cellules lithium-ion a baissé de 97 % (**fig. 1**). En moyenne, chaque fois que la production de batteries double, leur prix diminue d'un quart². Entre 2010 et 2020, le prix moyen des batteries lithium-ion a baissé de 89 %, de 1 100 \$/kWh à 137 \$/kWh³.

Les batteries lithium-ion possèdent en outre de nombreux avantages : une grande densité et efficacité énergétique, une durée de conservation prolongée. Le lithium dispose d'un potentiel électrochimique élevé lui permettant de stocker

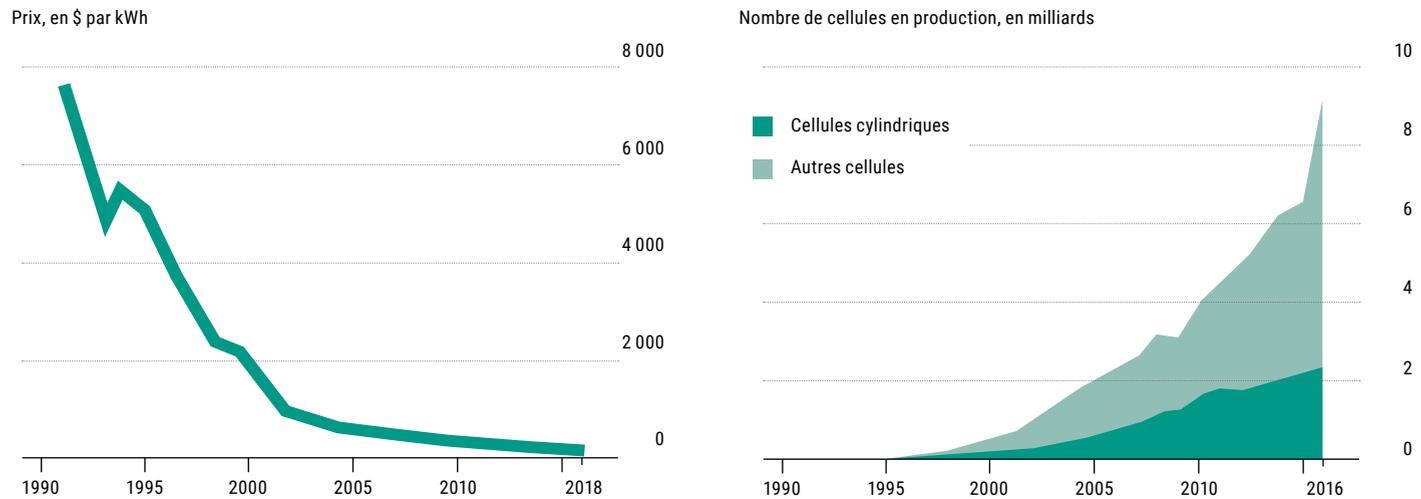
des charges électriques importantes. Cependant, ces batteries sont sensibles à la température et ont besoin d'une protection de circuit pour limiter le voltage et le courant, ce qui contribue à rendre leur gestion en fin de vie complexe. Certaines de leurs composantes peuvent de surcroît représenter un risque pour l'environnement et pour la santé humaine. Le lithium, par exemple, peut exploser au contact de combustibles ou de l'eau. Selon une étude réalisée par la société de conseil Golder, l'emballage thermique peut aussi produire de la fumée et des substances toxiques, dont le fluorure d'hydrogène, un produit irritant et corrosif pour la peau, les yeux et les voies respiratoires, et dont la gravité des symptômes varie en fonction des conditions d'exposition⁴. Bien que les organismes vivants aient besoin de minerais comme le cuivre, le manganèse ou encore le cobalt pour de nombreuses fonctions, notamment dans les système nerveux, vasculaire, immunitaire et osseux, des doses trop élevées peuvent provoquer des allergies, des intoxications, voire des troubles aigus cardiaques ou respiratoires⁵.

Les derniers rapports de la Banque mondiale (2020)⁶ et de l'Agence internationale de l'énergie (2021)⁷ sont peu équivoques à cet égard : un futur sobre en carbone sera très exigeant du point de vue des minéraux pour permettre le développement des technologies propres (cf. **dossier Industrie**). En particulier, la composition des batteries lithium-ion repose sur cinq minéraux principaux : le lithium, le cobalt, le manganèse, le nickel et le graphite. Comme l'expose le **tableau 1** généré avec le rapport de la Banque mondiale, la demande pour trois d'entre eux explosera au cours des prochaines années.

FIGURE 1

ÉVOLUTION DU PRIX DES BATTERIES LITHIUM-ION (\$/KWH) ET DE LA PRODUCTION DE CELLULES LITHIUM-ION (MILLIARDS)

Source : Ziegler, M. S., Trancik, J. E., 2021. Figure adaptée par *The Economist*, 31/03/2021



Cette expansion de la demande déplace les pièces de l'échiquier géopolitique. Les acteurs qui bénéficient d'un accès privilégié à ces matières et aux capacités industrielles de transformation en produits finis et semi-finis disposent alors d'une longueur d'avance (cf. dossier Industrie).

TABLEAU 1

PRODUCTION ACTUELLE ET PROJETÉE DE MINÉRAUX STRATÉGIQUES À LA PRODUCTION DE BATTERIES

Source : Banque mondiale, 2021

| | PRODUCTION EN 2018 (MT) | PROJECTION DE LA DEMANDE EN 2050 | |
|-----------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | | MT | VARIATION PAR RAPPORT À 2018 |
| LITHIUM | 85 | 415 | +388 % |
| COBALT | 140 | 644 | +360 % |
| MANGANÈSE | 18 000 | 694 | -96 % |
| NICKEL | 2 300 | 2 268 | -1,4 % |
| GRAPHITE | 930 | 4 590 | +393 % |

Prenons l'exemple du lithium. À l'état brut, il est présent sous deux formes : soit sous forme dissoute dans les déserts de sel (saumure) ou sous forme solide. On trouve plusieurs dépôts de sel appelés *salars* dans les régions d'Amérique du Sud, en Chine et aux États-Unis. L'eau souterraine contenant du lithium est d'abord pompée à la surface, puis entreposée dans des bassins où elle est évaporée sur une période pouvant

aller jusqu'à 18 mois en fonction des conditions climatiques (humidité, vents et radiation solaire). Le lithium est ensuite précipité sous forme de carbonate. Les composés résiduels retrouvés par suite de l'évaporation sont ensuite transformés dans des usines de production, où seront, entre autres, séparés le chlorure de sodium (sel), le chlorure de magnésium et le carbonate de lithium⁸.

La région sud-américaine traversée par le plateau andin de l'Altiplano-Puna, composée de la Bolivie, de l'Argentine et du Chili constitue la source la plus importante de lithium, en raison notamment du salar d'Uyuni, un désert de sel de 10 000 km² situé en Bolivie. Les ressources de lithium de ces trois pays sud-américains représentaient en 2019 plus de 53 % des ressources mondiales⁹.

Le potentiel du salar d'Uyuni est énorme, avec une réserve évaluée à 21 millions de tonnes, et en plus des salars de Coipasa et Pastos Grandes¹⁰. Le pays, qui avait au départ fermé la porte à des partenariats étrangers, misant plutôt sur la nationalisation de la ressource, tente désormais de créer une chaîne de valeur verticalement intégrée allant jusqu'à la production de batteries, voire de véhicules électriques en sélectionnant des partenaires internationaux expérimentés¹¹. Le *joint-venture* signé en décembre 2018 entre l'entreprise publique Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB), fondée en 2017, et la firme allemande ACI Systems, a finalement été annulé en novembre 2019 par le gouvernement d'Evo Morales¹². L'accord prévoyait un investissement dans un complexe de haute technologie dans le salar d'Uyuni pour produire jusqu'à 40 000 tonnes/an d'hydroxyde de lithium sur une période de 70 ans, contrôlé à 51 % par la Bolivie. Le nouveau président bolivien Luis Arce, élu en 2020, se montre très favorable à la reprise du plan de son prédécesseur de produire le lithium



et les batteries dans le pays en favorisant l'établissement d'alliances stratégiques avec des partenaires internationaux. Ainsi, en 2021, le nouveau gouvernement bolivien a lancé plusieurs appels à projets internationaux pour relancer l'extraction sur ses trois sites¹³.

La Bolivie, tout comme le Chili ou l'Argentine, n'ont pas encore ce que la Chine possède : un écosystème industriel de taille pour la fabrication de batteries. Troisième producteur de lithium au monde (14 000 tonnes en 2020¹⁴), la Chine dispose aussi sur son territoire de quantités importantes de graphite et de terres rares, des minéraux essentiels à la production de batteries. Le pays a investi massivement depuis les années 1980 pour exploiter ses ressources minérales et produire des batteries lithium-ion. Au début de 2019, le pays représentait 70 % de la capacité mondiale de production de batteries¹⁵. Afin d'assurer la stabilité des approvisionnements en lithium aux fournisseurs de batteries et aux manufacturiers automobiles, des alliances stratégiques et des partenariats commerciaux ont été établis entre les entreprises de technologie et les compagnies d'exploitation minière.

Comme dans beaucoup d'industries, une concentration des capacités de production engendre également une concentration des capacités de recyclage, et le cas des batteries n'y fait pas exception.



L'ŒIL DE L'OBSERVATOIRE

Le recyclage des batteries lithium-ion, un parent pauvre de la chaîne de valeur qui prend un nouvel essor en Amérique du Nord

Dynamiques mondiales du recyclage des batteries lithium-ion

Au sein des stratégies de remontée des filières industrielles dans le domaine de la production de batteries, la gestion de la fin de vie fait souvent figure de parent pauvre. Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), la capacité mondiale de recyclage s'établit en 2021 à 180 000 t/an, dont la moitié est répertoriée en Chine⁶. Le Japon, la France et l'Allemagne complètent l'essentiel des capacités de recyclage actuelles ou annoncées (**fig. 2**). Quoiqu'il en soit, la capacité mondiale de recyclage demeure nettement en deçà de ce qui est mis sur le marché. Dans le meilleur des scénarios, l'AIE estime que le recyclage permettra d'atteindre, par exemple, jusqu'à 12 % de la demande mondiale en cobalt et 5 % pour le lithium en 2040⁶. Dans l'Union européenne, seuls 12 % de l'aluminium, 22 % du cobalt, 8 % du manganèse, 16 % du nickel et presque pas de lithium sont recyclés à l'heure actuelle¹⁶.

Pour l'essentiel, les principaux recycleurs sont les compagnies minières, les producteurs de cathodes et les producteurs de batteries. Les recycleurs indépendants sont plus rares, et présentent des capacités de recyclage nettement inférieures (**tab. 2**).

TAB. 2

EXEMPLES D'ENTREPRISES IMPLIQUÉES DANS LE RECYCLAGE DES BATTERIES LITHIUM-ION

| TYPE D'ENTREPRISES | EXEMPLES D'ENTREPRISES |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| MINIÈRES (LI, CO) | GLENCORE, HUAYOU COBALT, LITHIUM AUSTRALIA |
| PRODUCTEURS DE CATHODES | L&F CO, UMICORE, AURUBIS |
| PRODUCTEURS DE BATTERIES | BYD, PANASONIC, LG CHEM, FOXCONN, BAK, CATL, JOHNSON CONTROLS |
| RECYCLEURS INDÉPENDANTS | BRUNP RECYCLING, ACCUREC, RECYCLAGE LITHIUM, REDUX, AMERICAN MANGANESE, INC. |

Selon les projections du modèle TIAM-IFPEN de l'IFP-Énergies nouvelles, un *think tank* français, la criticité des principaux métaux qui composent les batteries Li-ion au regard d'un scénario climatique qui limiterait la hausse des températures à 2 °C est variable : élevée pour le cobalt en raison de la concentration de ses ressources en RDC et de son prix ; moyenne pour le nickel ; relativement faible pour le lithium, en raison de son abondance géologique¹⁷. Le développement du recyclage des batteries lithium-ion devrait néanmoins prendre de l'ampleur pour d'autres raisons environnementales, économiques et sociales :

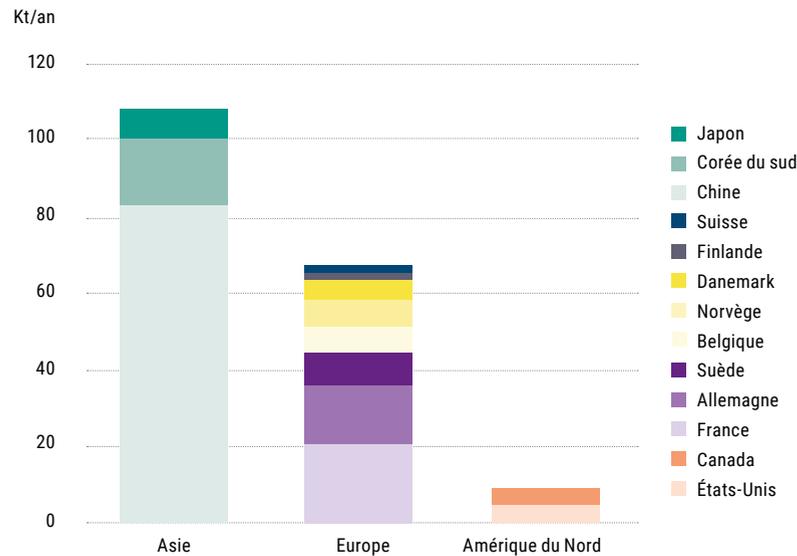
- Environnementales puisque l'extraction des minéraux n'est pas sans dommages et l'absence de recyclage pourrait mettre à mal tous les efforts visant à réduire l'impact de nos modes de consommation. L'utilisation de l'eau représente aussi un enjeu majeur, puisque les procédés de production, notamment dans les salars, requièrent des quantités importantes d'eau douce puisées dans les cours d'eau à proximité⁸. Les impacts du pompage de l'eau souterraine et les effets sur les écosystèmes environnants demeurent aussi méconnus.
- Économiques puisqu'à l'été 2021, le prix de certains minéraux comme le lithium avait atteint son tarif le plus élevé depuis trois ans, en réaction à la demande croissante pour les véhicules électriques et à une offre relativement faible du minerai (**cf. dossier Industrie**).
- Sociales, puisque l'exploitation de minerai dans certaines régions du monde se fait en contravention avec de nombreuses règles des droits humains, telles que celles relatives à l'esclavage ou au travail des enfants ; des ONG comme Amnesty International dénoncent régulièrement les conditions de travail dans les mines de cobalt en République démocratique du Congo, qui concentre 90 % de son exploitation¹⁸.

Selon un classement annuel de Bloomberg, le Canada se situe aujourd'hui au cinquième rang mondial des producteurs de batteries lithium-ion sur l'ensemble de la chaîne de valeur, notamment grâce à ses ressources minières, et les États-Unis au deuxième rang, grâce à leur capacité de fabrication et à leur demande domestique¹⁹.

FIGURE 2

CAPACITÉS ACTUELLES ET ANNONCÉES DE RECYCLAGE DES BATTERIES LITHIUM-ION

Source : AIE, 2021



Afin d'assurer une saine gestion de la fin de vie des batteries, plusieurs pays ont recours au mécanisme de responsabilité élargie des producteurs (REP). En Amérique du Nord, bien qu'il n'y ait pour le moment pas d'encadrement réglementaire pour la récupération et le recyclage des batteries des véhicules électriques, la piste de la REP est à l'étude, comme elle est actuellement en vigueur pour les piles domestiques et les batteries d'appareils électroniques. Au cours des trois dernières années, l'éco-organisme québécois Appel à recycler a transporté et recyclé annuellement près de 170 000 smartphones en Amérique du Nord. C'est également par ce programme qu'Appel à recycler a collecté et recyclé plus de 3 600 tonnes de piles et de batteries au lithium (Li-Ion)²⁰.

En France, les producteurs sont tenus d'organiser, à leurs frais, la collecte et le traitement des déchets qui en sont issus. Ils peuvent établir des ententes avec des recycleurs pour la gestion de la fin de vie des batteries des automobiles, tandis que la réglementation européenne exige à l'heure actuelle un taux de recyclage minimum de 50 %²¹.

Les performances de recyclage des batteries lithium-ion sont difficiles à évaluer. En outre, la croissance de leur utilisation dans les véhicules électriques est récente, et la plupart n'ont pas atteint leur fin de vie utile. Dans son rapport, la Banque mondiale reprend des chiffres de 2011 sur le taux de recyclage des minéraux, et ceux-ci ne dépassent pas les 70 %. Dans le cas du lithium, il serait même de moins de 1 %⁵. La revue de littérature permet d'identifier trois enjeux principaux qui freinent la croissance de l'industrie du recyclage des batteries lithium-ion :

- Le faible retour sur investissement pour certains types de batteries : le prix de vente des matériaux récupérés pour certaines batteries ne compense pas nécessairement les coûts de recyclage ;
- La génération de matières résiduelles : les technologies de recyclage actuelles génèrent des quantités importantes de rejets alors que les procédés nécessitent beaucoup de produits chimiques ;
- La complexité des procédés : les technologies actuelles requièrent des procédés hautement raffinés de chimie par voie humide ou encore de chauffage à de très hautes températures, qui comportent un certain nombre de risques chimiques, électriques et d'emballage thermique.

Une opération de recyclage des batteries lithium-ion se compose de quatre étapes²². La *stabilisation* vise à décharger le pack de batterie. Puis le *prétraitement* consiste à démonter le pack de batterie pour en isoler les modules. À l'issue de cette étape, les modules sont soit démontés, soit broyés avant une séparation des différents matériaux. Une « masse noire » (*black mass*) est alors obtenue, contenant le carbone hydrophobe et les oxydes de métaux hydrophiles.

Deux procédés existent alors à ce stade pour le recyclage des batteries lithium-ion : l'*hydrométallurgie* et la *pyrométallurgie*. Ce dernier procédé est le plus courant et consiste sommairement à chauffer à haute température la batterie pour récupérer un alliage de métaux²³. Il s'agit d'une technique classique de recyclage des métaux qui a été adaptée aux batteries de véhicules électriques. Néanmoins le rendement de l'opération est limité, dans la mesure où il est difficile de retirer des alliages les métaux à haute valeur ajoutée comme le cobalt, le lithium, le nickel ou encore le manganèse⁶.



Une technique de recyclage en émergence pour les batteries, l'hydrométallurgie, consiste à dissoudre la « masse noire » dans des bassins de solvants (lixiviation) qui vont permettre d'isoler les différents métaux recherchés. C'est donc dans cette dernière technique que les espoirs sont fondés pour permettre de remettre en circulation les minéraux stratégiques qui composent les batteries. Le *Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques* entend soutenir le développement et l'usage de ce nouveau procédé dans sa stratégie industrielle sur les batteries.

Le Québec, l'ambition régionale d'une industrie intégrée pour les batteries

Le Québec a pour ambition de devenir un leader de la transition énergétique. Son *Plan directeur en transition, innovation et efficacité énergétique 2018-2023*, prolongé jusqu'en 2026, détaille les mesures à suivre pour appliquer les objectifs fixés dans la *Politique énergétique 2030*, votée en 2017. En particulier, celle-ci prévoit la réduction de 40 % de la quantité de produits pétroliers consommés et l'augmentation de 25 % de la production totale d'énergies renouvelables. La contribution de la *Politique énergétique 2030* à la réduction des émissions de GES est estimée à 16 MtCO₂e. Le Québec, qui émettait 83,7 MtCO₂e en 2019, en hausse continue²⁴, s'est fixé un objectif de réduction des émissions de 37,5 % en 2030 par rapport à 1990²⁵.

Pour atteindre ses objectifs, la province peut en outre compter sur un mix électrique dominé à 95 % par l'hydroélectricité²⁶. Hydro-Québec, la société d'État responsable de la production électrique, dispose d'un parc de 61 stations hydroélectriques d'une capacité installée de 37,2 GW, ainsi que 28 réservoirs d'une capacité de stockage combinée de plus de 176 TWh²⁷, qui confèrent à la province un statut d'exportateur net d'électricité. Cette position, héritée de la nationalisation de la production électrique dans les années 1960, pousse même le premier ministre du Québec à vouloir faire de la province la « *batterie verte du nord-est de l'Amérique*^a ».

La situation du mix électrique québécois est donc propice à l'électrification des usages, en particulier le transport, qui concentre 43 % des émissions de la province². Entré en vigueur en avril 2021, le *Plan pour une économie verte 2030* fixe à 1,5 million le nombre de VE en circulation au Québec en 2030, soit 30 % du parc automobile²⁸. Déjà, depuis janvier 2018, la norme VZE (*véhicule zéro émission*) impose aux constructeurs automobiles de vendre une certaine proportion de véhicules légers à zéro émission, afin d'atteindre l'objectif de 100 000 véhicules électriques en circulation en 2020, inscrit dans le *Plan d'action 2015-2020 en électrification des transports* (PAET). Au 30 juin 2021, plus de 110 000 véhicules électriques étaient immatriculés dans la province, soit près de la moitié des véhicules électriques vendus au Canada²⁹, pour seulement 25 % de la population totale. De 0,7 % en 2015, la part de marché des VE s'élève désormais à 7 % des ventes totales de véhicules neufs³⁰. Cette croissance ne se limite pas aux automobiles. Par exemple, l'entreprise Lion Électrique commercialise de nombreux véhicules lourds électriques, comme des autobus

et des camions de livraison, tandis que les vélos à assistance électrique (VEA) se taillent une place grandissante au Québec avec 26 % des ventes totales de vélo en 2020 pour un total de 365 000 VEA en circulation³¹. Plus largement, on estime que près de 70 % du parc de véhicules nord-américain sera électrifié en 2050, véhicules légers, moyens et lourds compris³².

Dans ce contexte, le gouvernement du Québec reconnaît le rôle crucial de l'approvisionnement en « métaux critiques et stratégiques » (MCS). En août 2020, le premier ministre a fait transférer au ministère de l'énergie et des ressources naturelles (MERN) les compétences de Transition énergétique Québec, une société d'État créée en 2017 pour stimuler la transition et en assurer la gouvernance intégrée avec les parties prenantes³³. C'est ce même ministère qui est à l'origine du *Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques 2020-2025* (PQVMCS)³⁴. Lancé en octobre 2020, le plan vise entre autres à tirer profit des ressources minérales de la région (lithium, cobalt, graphite, nickel...), créer un réseau de recherche et développement rassemblant tous les acteurs du secteur, ainsi qu'à développer le recyclage et la réutilisation des minéraux critiques et stratégiques.

En mars 2021, les ministères et organismes partenaires du PQVMCS se sont réunis pour tirer un premier bilan de l'application du plan³⁵. Pour soutenir le recyclage des MCS, le gouvernement a notamment octroyé une aide financière de 850 000 CAD, dont 500 000 pour le financement d'une nouvelle usine de production d'oxyde de scandium ouverte à l'été 2021 par Rio Tinto Fer et Titane (RTFT). Le scandium est notamment utilisé dans des alliages d'aluminium pour l'industrie aéronautique. Le procédé utilisé par RTFT permet d'extraire le scandium à partir de résidus issus de la production d'oxyde de titane sans recourir à de l'extraction supplémentaire, selon le groupe³⁶. Alors que l'usine pourrait à elle seule répondre à 20 % de la demande mondiale, le Québec souhaite s'affirmer comme un leader de ce marché de niche. Le ministre des finances a également annoncé, en mars 2021, une réforme de la loi sur l'impôt minier en vue de mettre en place une allocation pour la mise en valeur des MCS³⁷.

Une étude publiée en mars 2020 par Propulsion Québec, la grappe industrielle en transport électrique, estime qu'entre 3 000 et 7 000 tonnes de batteries atteindront leur fin de vie utile avant 2025 ; cette quantité serait de 90 000 tonnes pour tout le Nord-Est américain¹⁷. Pour l'heure, les batteries issues des véhicules électriques ne sont assujetties à aucune REP. Pourtant, depuis janvier 2021, Appel à recycler, l'éco-organisme qui a la charge du recyclage et de la récupération des piles, a lancé un programme de recyclage des piles de mobilité électrique issues des vélos ou des trottinettes. Actuellement, les batteries de véhicules électriques en fin de vie sont envoyées à l'extérieur de la province, principalement en Colombie-Britannique.

Le gouvernement provincial a donc adjoint au PQVMCS une *Stratégie québécoise de développement de la filière batterie*³⁸. Celle-ci vise à positionner le Québec parmi les leaders

a [Tweet](#) de François Legault, le 7 novembre 2020.



mondiaux sur l'ensemble des échelons de la filière, depuis l'extraction des minerais de ses riches sous-sols jusqu'à la fabrication des batteries, en passant par l'assemblage et la fabrication des anodes et cathodes. Investissement Québec, la société publique d'investissement de la province, a annoncé par la voix de son PDG prévoir investir « *entre 1 et 2 milliards de fonds publics avec de 4 à 6 milliards d'investissements privés [...] au cours des deux ou trois prochaines années* »³⁹.

Déjà, la filière de gestion de fin de vie des batteries s'organise, que ce soit pour le recyclage et même par le reconditionnement. L'entreprise québécoise Recyclage Lithion a fait breveter en novembre 2020 un procédé de recyclage des batteries lithium-ion par hydrométallurgie. Le procédé doit permettre de récupérer et traiter jusqu'à 95 % des composants des batteries, selon l'entreprise⁴⁰. Considérée comme une start-up, Lithion a été fondée par un consortium d'acteurs publics et privés bénéficiant déjà d'une expertise dans ce domaine. Seneca, une entreprise d'ingénierie des procédés industriels de transformation de la matière, a déjà appliqué l'hydrométallurgie à d'autres secteurs. Lithion enregistre aussi le soutien du Centre d'étude des procédés chimiques du Québec (CEPROCQ), du Centre d'excellence en électrification des transports et stockage d'énergie d'Hydro-Québec et d'Appel à recycler.

Une première usine de démonstration, dont le coût est estimé à 12 M CAD, a été mise en service en 2020 à Anjou, un arrondissement de Montréal, pouvant recycler jusqu'à 200 tonnes de batteries par an. Le gouvernement du Québec est particulièrement investi dans le projet. En 2018, Lithion a bénéficié d'un premier appui financier de Technologies du développement durable Canada (TDDC), une fondation pour l'innovation technologique des PME, à hauteur de 3,8 M CAD⁴¹, puis une aide du gouvernement de 4,8 M CAD pour soutenir l'ouverture du premier site de démonstration⁴². Lithion prévoit l'ouverture de sa première usine commerciale en 2023, avec une capacité annuelle de traitement de 7 500 tonnes de batteries, soit l'équivalent de 20 000 véhicules électriques. Pour cela, le gouvernement du Québec a récemment accordé une nouvelle aide de 2 M CAD⁴³. La branche canadienne de Hyundai, qui vise 100 % de ventes électriques en 2040, est devenue le premier constructeur automobile à signer un accord avec Lithion pour lui fournir des batteries en fin de vie en vue de l'ouverture de l'usine commerciale⁴⁴. Plus tôt dans l'année, New Flyer Industries, un constructeur de bus électriques basé dans le Winnipeg, avait également signé un partenariat avec Li-Cycle, plus grande entreprise de recyclage de batteries d'Amérique du Nord, basée en Ontario⁴⁵.

Une autre approche réside dans le reconditionnement des batteries. CycloChrome, est une entreprise de l'économie sociale basée à Montréal spécialisée dans la réparation de vélos, tout en offrant une formation à des jeunes pour lutter contre le décrochage scolaire. Elle a notamment le contrat de l'entretien et la réparation des BIXI, les vélos en libre-service de la métropole, ainsi que d'autres flottes de vélos corporatifs, tels que ceux du service de police de la ville de Montréal. Avec la croissance des vélos à assistance électrique, Cyclochrome cherche aussi à développer son expertise pour le recondition-

nement de batteries. Cette technique vise à retirer les cellules usagées pour les remplacer par des cellules neuves et ainsi prolonger la durée de vie des vélos. Rien que pour BIXI, plus grande flotte de vélos électriques du Canada, cela représente jusqu'à 1 725 batteries à gérer en fin de vie⁴⁶.

La gestion de fin de vie des batteries est donc promise à un bel avenir. Non seulement les minéraux qui les composent sont très convoités, mais les procédés de reconditionnement et de recyclage évoluent rapidement. Il le faudra car la seule exploitation de ces matériaux critiques n'est pas gage d'une planète plus verte.



GRANDS ENSEIGNEMENTS

Parent pauvre des stratégies d'intégration régionale des filières industrielles de production de batteries, le recyclage et la récupération font l'objet d'un très fort soutien public de la part du gouvernement québécois, autour d'un tissu industriel local qui souhaite se positionner en leader dans tout le nord-est américain. Pourquoi une juridiction d'échelle régionale décide-t-elle de se doter de telles ambitions face à aux géants étatiques comme privés ? La réponse réside dans la dynamique de marché, qui s'inscrit en droite ligne avec l'évolution de modèles économiques, notamment dans la mobilité électrique et la production d'énergie renouvelable, mais également dans la proactivité de pouvoirs publics conscients des atouts géologiques de leur territoire et des défis posés par le déploiement des véhicules électriques. L'exemple du Québec alimente l'analyse plus globale d'un monde qui entre en compétition globale pour l'accès aux ressources primaires et secondaires stratégiques pour la transition.



BIBLIOGRAPHIE

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 Irle, R. (2021). [Global EV Sales for 2021 H1. EV-Volumes](#)
- 2 Ziegler, M. S., Trancik, J. E. (2021). [Re-examining rates of lithium-ion battery technology improvement and cost decline. Energy & Environmental Science](#), n°4
- 3 Bloomberg (16/12/2020). [Battery Pack Prices Cited Below \\$100/kWh for the First Time in 2020, While Market Average Sits at \\$137/kWh. BloombergNEF](#)
- 4 Hercegovac, J., Frangos, J. (n.d.). [Assessing Acute Inhalation Exposure to Hydrogen Fluoride. Golder](#)
- 5 Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (2021). [Répertoire toxicologique.](#)
- 6 Hund, K., La Porta, D., Fabregas, T. P., et al. (2020). [Minerals for Climate Action : The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. Banque mondiale](#)
- 7 AIE (2021). [The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Agence internationale de l'énergie](#)
- 8 Gouze, A. (2010). [Le lithium : un métal stratégique. Annales des Mines - Responsabilité et environnement](#), Vol. 58, p. 84
- 9 Dubourdieu, O., Thomas, P. (2019). [Le lithium \(Li\) : aspects géologiques, économiques et industriels. Planet Terre.](#)
- 10 Stone, M. (12/11/2020). [The World needs lithium. Can Bolivia's new president deliver it? Mining Watch Canada](#)
- 11 Mercure, P., Roy, F. (20/10/2019). [La Presse en Bolivie : au pays de l'or blanc. La Presse](#)
- 12 DW (11/04/2019). [Bolivia scraps joint lithium project with German company. Deutsche Welle](#)
- 13 Willing, N. (26/08/2021). [Bolivia shortlists firms for lithium pilot production. Argus](#)
- 14 BP (2021). [Statistical Review of World Energy. British Petroleum](#)
- 15 Bureau, G. (2020). [Matières premières, criticités et axes stratégiques dans les industries de l'automobile. Annales des Mines - Responsabilité et environnement](#), Vol. 99, p.60
- 16 Parlement européen (2021). [Briefing. New EU regulatory framework for batteries. Setting sustainability requirements. Parlement européen](#)
- 17 IFP-Énergies nouvelles (2021). [Les métaux dans la transition énergétique. IFP-Énergies Nouvelles](#)
- 18 Amnesty International (2020). [RDC. Des recherches montrent les dommages à long terme de l'exploitation du cobalt. Amnesty International](#)
- 19 BNEF (07/10/2021). [U.S. Narrows Gap With China In Race To Dominate Battery Value Chain. BloombergNEF](#)
- 20 Appel à recycler (2021). [Comment recycler le lithium.](#)
- 21 Barbaux, A. (2021). [Les industriels européens des batteries en quête de cobalt et lithium recyclés. L'Usine nouvelle](#)
- 22 Lucas, I., Gajan, A. (01/03/2021). [Le recyclage des batteries Li-ion. Culture Sciences Chimie](#)
- 23 Brückner, L., Frank, J., Elwert, T. (2020). [Industrial Recycling of Lithium-Ion Batteries—A Critical Review of Metallurgical Process Routes. Metals](#), vol. 10 (8)
- 24 Canada (2021). [Canada. 2021 National Inventory Report \(NIR\). United Nations Framework Convention on Climate Change](#)
- 25 Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (2021). [Engagements du Québec. Nos cibles de réduction d'émissions de GES.](#)
- 26 Canada Energy Regulator (2021). [Provincial and Territorial Energy Profiles – Quebec. Canada Energy Regulator](#)
- 27 Hydro-Québec (n.d.). [Power generation.](#)
- 28 Gouvernement du Québec (2021). [Plan pour une économie verte 2030. Quebec.ca](#)
- 29 AVEQ (05/08/2021). [Informations et statistiques. Association des véhicules électriques du Québec](#)
- 30 Cabinet du ministre de l'énergie et des ressources naturelles (19/05/2021). [Ministère de l'énergie et des ressources naturelles - Le QC franchit le cap des 100 000 VÉ. Cision](#)
- 31 Vélo Québec (2020). [Vélo Québec - L'État du vélo au Québec en 2020. Vélo Québec](#)
- 32 Propulsion Québec (2020). [Étude sur l'application d'un mécanisme de responsabilité élargie des producteurs pour les batteries au lithium-ion des véhicules électriques au Québec](#)
- 33 Cabinet du ministre de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (22/10/2020). [Adoption du projet de loi no 44 : Une gouvernance efficace et responsable pour répondre à l'urgence climatique et créer de la richesse. Québec](#)
- 34 Gouvernement du Québec (2021). [Plan québécois de valorisation des minéraux critiques et stratégiques.](#)
- 35 Ministère de l'énergie et des ressources naturelles (2021). [Un excellent départ pour le Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques 2020-2025. Cision](#)
- 36 Houghton, S. (05/08/2021). [Rio Tinto inaugure une nouvelle usine de scandium au Québec. CIMMagazine](#)
- 37 Cabinet du ministre de l'énergie et des ressources naturelles (2021). [Budget 2021-2022 - Budget du Québec 2021-2022 : miser sur l'énergie renouvelable et les richesses naturelles pour une relance économique verte. Cision](#)
- 38 Ministère de l'économie et de l'innovation (n.d.). [La Stratégie québécoise de développement de la filière batterie.](#)
- 39 Dubuc, A., Bergeron, M., Joncas, H. (17/06/2021). [Des milliards pour la filière batteries. La Presse](#)
- 40 Lithion (24/11/2020). [Recyclage Lithion obtient un brevet pour son procédé unique de recyclage de batteries. Lithion](#)
- 41 Seneca (01/11/2018). [Le premier projet de recyclage de batteries lithium-ion au Québec reçoit l'appui de TDDC et un financement de 3,8 M CAN\\$. Seneca](#)
- 42 Lithion (10/12/2019). [Aide financière de 4,8 M\\$ pour le développement d'une technologie visant le recyclage de batteries lithium-ion. Lithion](#)
- 43 Cabinet du ministre de l'économie et de l'innovation et ministre responsable du développement économique régional (15/10/2021). [Développement de la filière batterie - Un appui de 2 M\\$ à Recyclage Lithion pour renforcer l'expertise québécoise dans le recyclage de batteries. Gouvernement du Québec](#)
- 44 Jarratt, E. (12/03/2021). [Hyundai Canada moves to recycle EV batteries in deal with Quebec-based Lithion Recycling. Electric Autonomy](#)
- 45 Jarratt, E. (11/01/2021). [Canada's largest electric transit bus maker and North America's largest lithium-ion battery recycler demonstrate that the electrification wave can be a self-contained loop. Electric Autonomy](#)
- 46 Radio-Canada (24/02/2021). [Plus de vélos électriques et un abonnement modulable pour BIXI. Radio-Canada](#)