



**Rapport sommaire**

# **Stockage de l'énergie**

*Principaux points saillants concernant  
les brevets et le marché*



### **À propos du Collectif d'actifs en innovation?**

Sélectionné par le ministère de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique (ISDE) pour aider les petites et moyennes entreprises (PME) du secteur des technologies propres axées sur les données concernant leurs besoins en PI, le Collectif d'actifs en innovation (CAI) est un organisme indépendant sans but lucratif constitué de membres.

Dirigé par des experts en éducation en PI, en conseil stratégique, en génération de la PI et en prise de brevets, le CAI aide les PME canadiennes à connaître la valeur et le pouvoir de la PI et à en tirer parti de sorte que leurs innovations puissent être commercialisées et protégées au profit de l'économie canadienne.

Avec l'aide de l'équipe du CAI, les compagnies membres du CAI tireront le maximum de profit de leurs actifs intangibles tout en profitant des services du Collectif et en préparant le terrain de leur croissance internationale. En réalisant la valeur inhérente de la PI, le CAI stimulera l'innovation canadienne, qui permettra à davantage d'entreprises canadiennes de réussir sur le plan mondial.

Pour en savoir plus sur le CAI, visitez [www.ipcollective.ca/fr](http://www.ipcollective.ca/fr)

© 2022 Collectif d'actifs en innovation. Tous droits réservés.

Avertissement : Le contenu de ce document peut être tiré de bases de données externes, dont l'exactitude ne peut pas être garantie. Par la présente, le CAI décline toute garantie, expresse ou sous-entendue, dont les garanties d'exactitude, d'intégralité, de rectitude, de pertinence, de commerciabilité et/ou d'adaptation de ce document. Rien au présent document ne saurait constituer un conseil technique, financier, professionnel ou juridique ou quelque autre type de conseil ou être réputé fiable pour ces motifs. Le CAI ne sera en aucun cas responsable des dommages directs, indirects, fortuits, spéciaux ou corrélatifs issus de l'usage du présent document ou de l'incapacité d'utiliser le présent document.

# À propos du rapport panoramique

Les spécialistes de l'industrie, les défenseurs de l'environnement et les décideurs reconnaissent les effets cumulatifs de chaque tentative industrielle malavisée et des politiques inadéquates pour atteindre les objectifs de carboneutralité d'ici à 2030. Il faut des mesures et des efforts coordonnés pour concrétiser les objectifs que nous nous sommes fixés pour décarboner l'économie. Des changements s'imposent dans l'ensemble des secteurs et industries technologiques, les politiques, les investissements dans le renouvellement de l'infrastructure héritée et les activités industrielles microéconomiques.

Même s'il existe des plans dégagant d'importants investissements dans les sources d'énergie renouvelable, à savoir le solaire, l'éolien et les technologies connexes de stockage de l'énergie, pour atteindre les objectifs de décarbonisation, l'interdépendance entre les chaînes d'approvisionnement industrielles, les industries et les technologies a des répercussions sur l'ensemble des efforts et des pratiques touchant les marchés et la durabilité. Dans le secteur du stockage de l'énergie, les domaines clés qui influent sur l'évolution technologique sont les véhicules électriques (VE), les réseaux intelligents, les énergies renouvelables, l'exploitation minière et le recyclage des déchets électroniques, pour ne nommer que ces exemples.

L'Association internationale de l'énergie (AIE)<sup>1</sup> a dressé une liste exhaustive des besoins en minéraux pour assurer des transitions énergétiques propres. Le secteur manufacturier des batteries de VE et du stockage de l'énergie dépend d'approvisionnements constants en minéraux comme le cuivre, le cobalt, le nickel, le lithium, l'aluminium et les éléments de terres rares (TR). Il est probable que la demande de ces métaux augmentera considérablement parallèlement à la hausse de la demande de VE et d'applications réseaux. À elle seule, la demande de lithium devrait se situer à environ 2,2 millions de tonnes d'ici à 2030<sup>2</sup>, ce qui stimulera, sur le plan mondial, l'intérêt de l'industrie et des gouvernements pour le secteur de l'exploitation minière. L'empreinte environnementale de l'exploitation minière et du raffinage des minéraux devrait être bien supérieure à celle des combustibles fossiles. Selon l'AIE, il se peut que cela entraîne le passage d'un système énergétique à forte intensité en combustibles à un autre à forte intensité en matériaux. Compte tenu qu'il est encore plus coûteux de recycler des batteries que d'extraire et de raffiner des minéraux, nous nous trouvons devant de grands défis techniques à résoudre avant de parvenir à une économie circulaire.

Dans la présente étude, nous utilisons les données sur le marché et les brevets pour illustrer la progression de l'innovation et des activités commerciales dans le secteur du stockage de l'énergie. Nous y faisons ressortir le lien avec la chaîne d'approvisionnement dans divers segments du secteur du stockage de l'énergie. Nous analysons aussi dans le présent rapport les tendances technologiques naissantes, la maturité des progrès techniques et les applications



mobiles et stationnaires en matière de transport et de réseau énergétique. Nous y indiquons également de grands organismes disposant d'un positionnement stratégique sur le marché, les risques liés aux chaînes d'approvisionnement, les débouchés et les nouveaux segments de croissance.

Nous dégageons et analysons dans cette étude l'évolution des technologies des batteries et de l'énergie en fonction de trois grandes catégories de stockage : a) électrochimique, b) électrique et c) chimique. Les exemples du stockage thermique et du stockage mécanique de l'énergie débordent de la portée de cette étude. Les technologies couvertes dans le stockage électrochimique de l'énergie comprennent le lithium ion (Li-ion), l'hydrure de nickel (NiMH) et les batteries à semi-conducteurs et autres batteries à ions métalliques. Dans le stockage électrochimique de l'énergie, on trouve les piles aluminium-air, zinc-air et fer-air, les piles à combustible

<sup>1</sup> Rapport de l'association internationale de l'énergie, AIE (2021), The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, AIE, Paris <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>

<sup>2</sup> Kaunda, R. B. (2020). Potential environmental impacts of lithium mining. Journal of Energy & Natural Resources Law, 38(3), 237-244.

et les batteries à flux redox. L'étude porte aussi sur les piles à hydrogène et le stockage de l'hydrogène sous forme chimique. Dans le stockage chimique de l'énergie, on trouve également les biocombustibles et le « power-to-gas », c'est-à-dire l'injection d'énergie dans le réseau de gaz. Enfin, le stockage de l'énergie électrique comprend les types de stockage d'énergie magnétique par supracondensateur, ultracondensateur et supraconducteur.



## PRINCIPAUX POINTS SAILLANTS

### Point saillant 1 : Perspectives de l'investissement d'après la prise de brevets

Globalement, les tendances en matière de brevetage augmentent, la plus grande partie de la croissance à ce titre ayant été constatée en Chine. Le plus grand nombre de brevets déposés se situe dans les technologies des batteries lithium-ion. Même si l'on observe dans cette catégorie une croissance globale continue, les dépôts de brevets proviennent, en majorité, de Chine ces dernières années, preuve de l'économie d'innovation de la Chine et d'investissements croissants de la part des entreprises chinoises dans ce secteur. Les principaux preneurs de brevets sont les fabricants de batteries chinois (CATL, BYD, Gotion High-tech (qui s'appelait autrefois Hefei Guoxuan High Tech, actionnaire majoritaire de Volkswagen depuis 2021), SVOLT (entreprise dérivée de Great Wall Motors), Tianjin Lishen Battery, COSMX (également connu sous le nom de Zhuhai CosMX Battery)), d'autres fabricants asiatiques de batteries (LG Chem, Samsung SDI, TDK Corp, Panasonic, GS Yuasa, SK Innovation), les constructeurs de voitures et les conglomérats industriels (par exemple, Toyota, Bosch, Hitachi, Mitsubishi, Nissan et General Motors), ainsi que les universités chinoises et autres entités appartenant à l'État (Université Centre-Sud, Université de technologie de Beijing, Université de science et technologie de Harbi, Université de science et technologie de Shaanxi et le réseau national de Chine).

### Point saillant 2 : L'innovation se répercute sur les prix des batteries

Les difficultés techniques dans le secteur des batteries

ont donné naissance à de nouvelles compositions chimiques, ce qui entraîné un changement dans les choix du marché. Des entreprises comme Tesla préfèrent les batteries Lithium Ferro Phosphate (LFP) aux batteries NMC et NCA classiques, car elles sont moins dispendieuses et plus sécuritaires. Grâce à l'utilisation de compositions chimiques à base de fer et de phosphore, moins dispendieuses, dans les cathodes, les compositions chimiques LFP coûtent moins cher que celles à base de nickel et de cobalt, outre que les batteries LFP ont une densité énergétique comparativement moins élevée. Cette faible densité énergétique a des répercussions sur l'autonomie des VE et constitue un grand défi technique pour l'adoption à grande échelle des batteries LFP. Par contre, depuis que BYD a introduit un nouveau concept de LFP, on a constaté une adoption notable dans le secteur des VE.

La fluctuation des prix s'est récemment ressentie des problèmes d'approvisionnement attribuables à l'augmentation de la demande, comme l'atteste la chute réduite des prix, tel que prévu. Ces derniers temps, les producteurs chinois ont remarquablement majoré, de 10 % à 20 %, les prix des LFP. D'après les prévisions de l'industrie, les prix moyens des blocs-batteries seront inférieurs à 100 \$/KWh d'ici à 2024, ce qui aidera les constructeurs de VE à soutenir la concurrence sur le marché par des stratégies de prix plutôt que par des subventions.

### Point saillant 3 : Domination du marché, goulots d'étranglement et concept dominant

Actuellement, c'est l'Asie qui domine le secteur de

<sup>3</sup> <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/04/06/2417479/0/en/Electric-Vehicle-Battery-Market-Size-to-Hit-USD-154-90-Billion-by-2028-Exhibit-a-CAGR-of-28-1.html#:~:text=Asia%20Pacific%20held%20the%20maximum,USD%2012.70%20billion%20in%202020>

la fabrication dans le stockage de l'énergie, surtout grâce au Japon, à la Chine et à la Corée du Sud, qui se chargent du segment des batteries pour VE (évalué à 12,70 milliards de dollars USD en 2020)<sup>3</sup>. Les 10 principaux meneurs contrôlent 95 % du marché du secteur des VE, et CATL, LG Energy (propriété de LG Chem) et Panasonic en absorbent 69 %.

Il semblerait que la Chine produise plus de 90 % des batteries LFP à l'échelle mondiale<sup>4</sup>. En 2021, les batteries LFP prenaient 40,34 % du segment du stockage de l'énergie en raison d'une plus grande adoption des applications pour les VE et les applications stationnaires<sup>5</sup>. Par contre, lorsqu'on examine les constituants des cellules, on constate que les principaux minéraux des batteries sont le cobalt, le nickel et le lithium; le cobalt étant le plus coûteux (et il est utilisé dans les NMC) compte pour 48,74 % en termes de part des revenus.

Selon les tendances de brevetage, on constate que la Chine dépasse les É.-U. pour le nombre de dépôts de brevets provenant de son propre territoire dans la majorité des catégories de stockage de l'énergie. Son avance est la plus marquée dans les technologies des batteries Li-ion. De plus, dans un petit nombre de catégories de stockage énergétique, les dépôts de brevets provenant du Japon (JP) et de la République de Corée (RC) sont également supérieurs en nombre à ceux provenant des É.-U.

Sur le plan de la part de marché, les NMC dominent avec 70 %, tandis que les LFP gagnent du terrain dans le stockage réseau et le segment des VE<sup>6</sup>. Selon les prévisions des analystes, la principale composition chimique sera celle des LFP pour les batteries de réseau d'ici à 2030, avec une part de 30 % d'un marché de plus en plus diversifié.

#### **Point saillant 4 : Le Canada entre en scène**

Les progrès récemment relevés au Canada laissent entrevoir de bonnes perspectives pour créer une infrastructure et un écosystème propices à l'innovation

et à la croissance dans ce secteur. La région reçoit des investissements de multinationales comme General Motors, ainsi que de nouvelles entreprises comme StormVolt. LG, le géant de la fabrication de produits de stockage d'énergie, et le constructeur automobile Stellantis ont récemment annoncé l'implantation d'une usine de batteries à Windsor (ON).

Le gouvernement injecte également beaucoup d'argent pour appuyer des entreprises canadiennes. Ainsi, le gouvernement du Québec a récemment alloué 18 millions de dollars à Lithion Recycling, un exploitant du domaine du recyclage des batteries.

L'industrie minière contribue également beaucoup au PIB du Canada. Le Canada abrite de nombreuses sociétés minières faisant de l'exploration de minéraux au Canada et dans le monde entier. En 2020, environ 1 187 sociétés minières canadiennes possédaient des actifs miniers et d'exploration évalués à 273,4 milliards de dollars CAD. De plus, les entreprises canadiennes disposaient d'actifs miniers et d'exploration évalués à 188 milliards de dollars CAD situés dans 97 pays, notamment en Afrique, en Australasie, en Europe, en Amérique du Sud et aux États-Unis<sup>7</sup>.

#### **Point saillant 5 : Autres domaines prometteurs de stockage de l'énergie**

Il existe d'autres technologies prometteuses, notamment les piles à combustible à l'hydrogène. La taille du marché mondial des piles à l'hydrogène devrait passer de 4 milliards de dollars USD à 25 milliards de dollars USD, avec un TCAC de 33,4 % de 2022 à 2028<sup>8</sup>. Parmi les principaux demandeurs de brevets, mentionnons Toyota, Panasonic et Wuhan Grove Hydrogen Automobile. L'entreprise canadienne Ballard Power Systems est un fabricant de premier plan de piles à combustible PEM, et est susceptible d'occuper 18 % du marché. Les deux autres principaux fabricants de piles à combustible à l'hydrogène sont Plug Power et Toshiba.

**Nous avons réuni plus de 68 000 brevets actifs marqués dans le cadre d'une taxonomie multipaliers dans les catégories de stockage électrochimique, électrique et chimique de l'énergie. Le rapport panoramique détaillé procure des renseignements et des tendances reposant sur des illustrations chronologiques et des indices de qualité pour analyser les données sur les brevets, le tout complété par de l'information sur le marché. Ce rapport détaillé est disponible aux membres du CAI.**

<sup>4</sup> [Energy Storage Grand Challenge Energy Storage Market Report](#)

<sup>5</sup> [https://www.reportlinker.com/p06287394/Lithium-Ion-Battery-Metals-Market-A-Global-and-Regional-Analysis-Focus-on-Constituent-Metal-Cell-Chemistry-End-Use-Application-and-Region-Analysis-and-Forecast-2031.html?utm\\_source=GNW](https://www.reportlinker.com/p06287394/Lithium-Ion-Battery-Metals-Market-A-Global-and-Regional-Analysis-Focus-on-Constituent-Metal-Cell-Chemistry-End-Use-Application-and-Region-Analysis-and-Forecast-2031.html?utm_source=GNW)

<sup>6</sup> Rapport de Wood Mackenzie [Can LFP technology retain its battery market share? Report | Wood Mackenzie](#)

<sup>7</sup> Gouvernement du Canada [Les minéraux et l'économie \(canada.ca\)](#)

<sup>8</sup> <https://reports.valuates.com/market-reports/OYRE-Auto-26E44/global-hydrogen-fuel-cells>

# Qu'est-ce qu'une chaîne de valeur?

Puisque les organisations veulent maximiser le loyer généré par leur PI, la question la plus importante pour une entreprise est de savoir qui profite de ses activités novatrices. De plus, pour discerner les entités qui profiteraient éventuellement de l'innovation ou constituent une menace empêchant l'organisation de maximiser ses profits, il faut dégager et bien connaître en profondeur les positions des divers types d'intervenants de l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement.

Par définition, la chaîne de valeur s'entend des diverses activités commerciales qui ajoutent de la valeur ou des mécanismes nécessaires pour acheminer les produits ou les services. Lors de ses études panoramiques, le CAI entreprend une analyse sectorielle de la chaîne de valeur, pour structurer les tendances en matière de brevets et de marché et examiner la concurrence. Par conséquent, il peut valoir la peine d'analyser ces chaînes de valeur et de savoir de quelle façon les entreprises peuvent extraire des renseignements utiles de ces illustrations et analyses.

*« Profiter de l'innovation repose sur l'hypothèse que le pouvoir d'exclusivité et, de façon plus générale, le succès en matière d'innovation, est lié non pas tant à la part du marché « ex-ante » de l'innovateur, mais à la structure des actifs (complémentaires) de celui-ci, aux décisions de la direction concernant le moment d'entrer sur le marché, ainsi qu'aux structures contractuelles retenues pour avoir accès aux actifs complémentaires manquants. »<sup>9</sup>*

L'analyse de la chaîne de valeur est un puissant outil pour connaître les structures de la concurrence et du marché. Par concurrence, il faut entendre non pas simplement la concurrence entre les organisations dans un marché ou un domaine technologique spécifique. La concurrence doit être perçue du point de vue d'un ensemble diversifié d'intervenants tout au long de la chaîne de valeur, notamment les innovateurs, les imitateurs, les dispensateurs d'actifs complémentaires, les fournisseurs et même les clients. L'analyse de la chaîne de valeur, telle que le CAI la présente dans ses études panoramiques, aide à connaître le titulaire, les positions de contrôle et les autres

interdépendances dans l'ensemble du secteur.

**Titulaire :** Même si les entreprises peuvent dès à présent saisir que les organisations qui sont en position de titulaire ont généralement les ressources pour financer l'innovation, absorber les risques et acquérir des droits monopolistiques, elles peuvent aussi offrir des possibilités de s'approprier l'innovation ou de créer une valeur mutuelle dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. En même temps, être titulaire constitue un risque pour la survie des autres acteurs du marché.

**Interdépendances :** Les interdépendances sont la porte ouverte aux risques et aux enjeux liés à la chaîne d'approvisionnement, ainsi qu'aux possibilités, pour les organisations, de cerner les nouveaux besoins du marché à combler. Bon nombre des PME doivent saisir la nature complémentaire de leurs produits et services par rapport aux offres des intervenants bien en place ou en situation de contrôle ou pour répondre aux besoins essentiels des clients.

**Régime technologique :** Les brevets ne sont qu'une forme de stratégie de protection de la PI pour créer des obstacles visant à empêcher les autres entreprises de s'approprier l'innovation et d'entrer sur le marché. Les stratégies de brevetage offrent notamment des renseignements sur la façon dont les organisations se protègent au niveau du pays, sur les organismes dominants et sur les technologies et/ou les applications qui connaissent un essor. De plus, les brevets peuvent également être, dans l'ensemble, des indices d'investissements.

<sup>9</sup> Teece, 2006

Les structures de l'innovation et du marché de la concurrence sont de nature relationnelle. Il n'existe pas de définition simple susceptible de résumer les répercussions de l'un ou l'autre des divers facteurs qui entrent en jeu. Par contre, à partir d'une analyse approfondie des chaînes de valeur et des tendances en matière de brevets, les organisations peuvent formuler des stratégies commerciales mieux éclairées, par exemple des stratégies d'entrée sur le marché, des stratégies de protection de la PI, les besoins d'alliances et de partenariats, les stratégies d'investissement et de R et D et autres stratégies de croissance.

## LA CHAÎNE DE VALEUR DU STOCKAGE DE L'ÉNERGIE

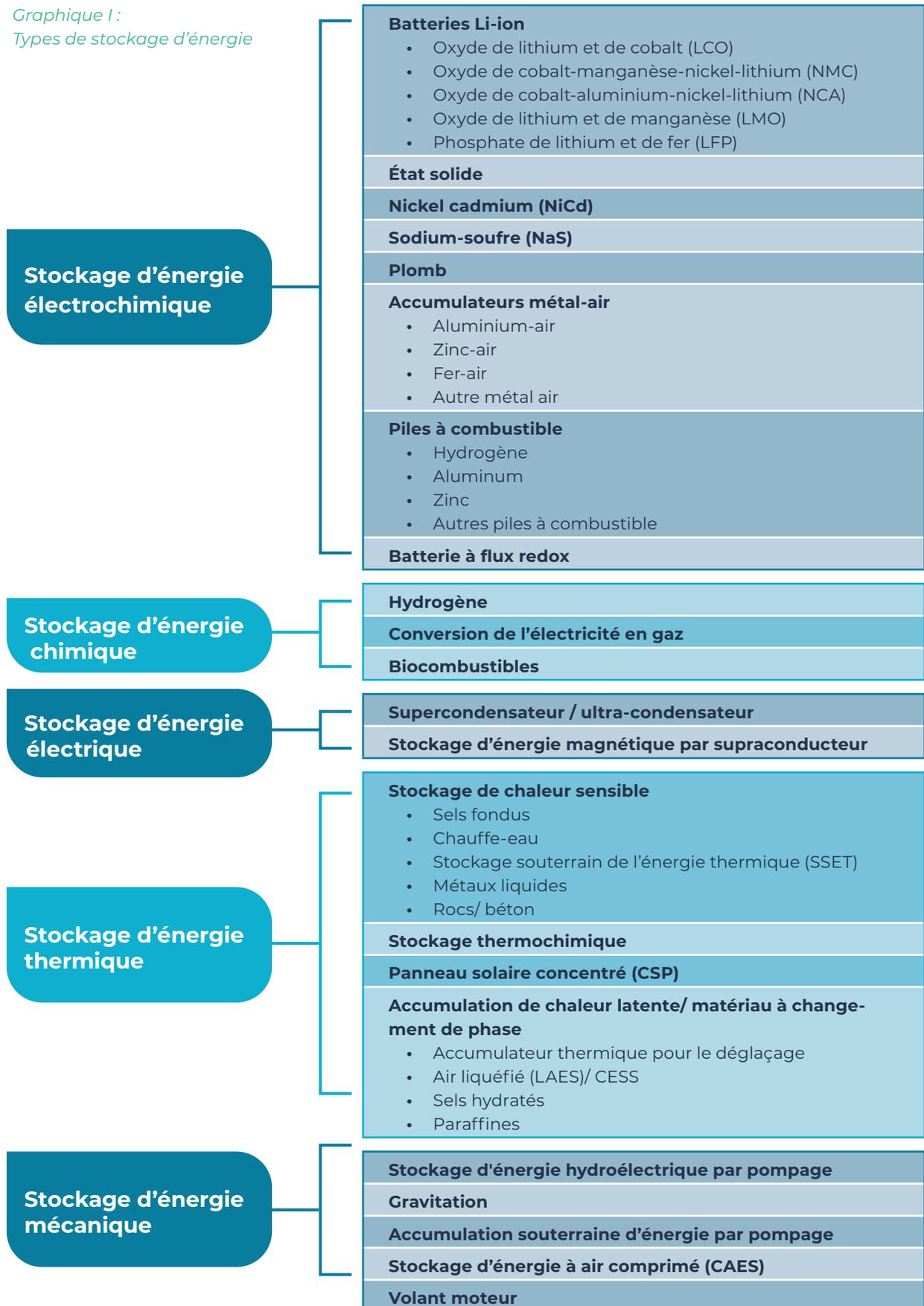
Nous illustrons au **Graphique 1 : Types de stockage d'énergie** divers types de stockage de l'énergie, groupés largement ainsi : électrochimique, électrique, chimique, thermique et mécanique.

Les attributs du stockage de l'énergie ou de la batterie, par exemple, la capacité de recharge, la densité énergétique, la puissance volumique, la durée de vie, la sécurité, le facteur de forme, le coût et la souplesse, déterminent leur pertinence pour divers domaines d'application.

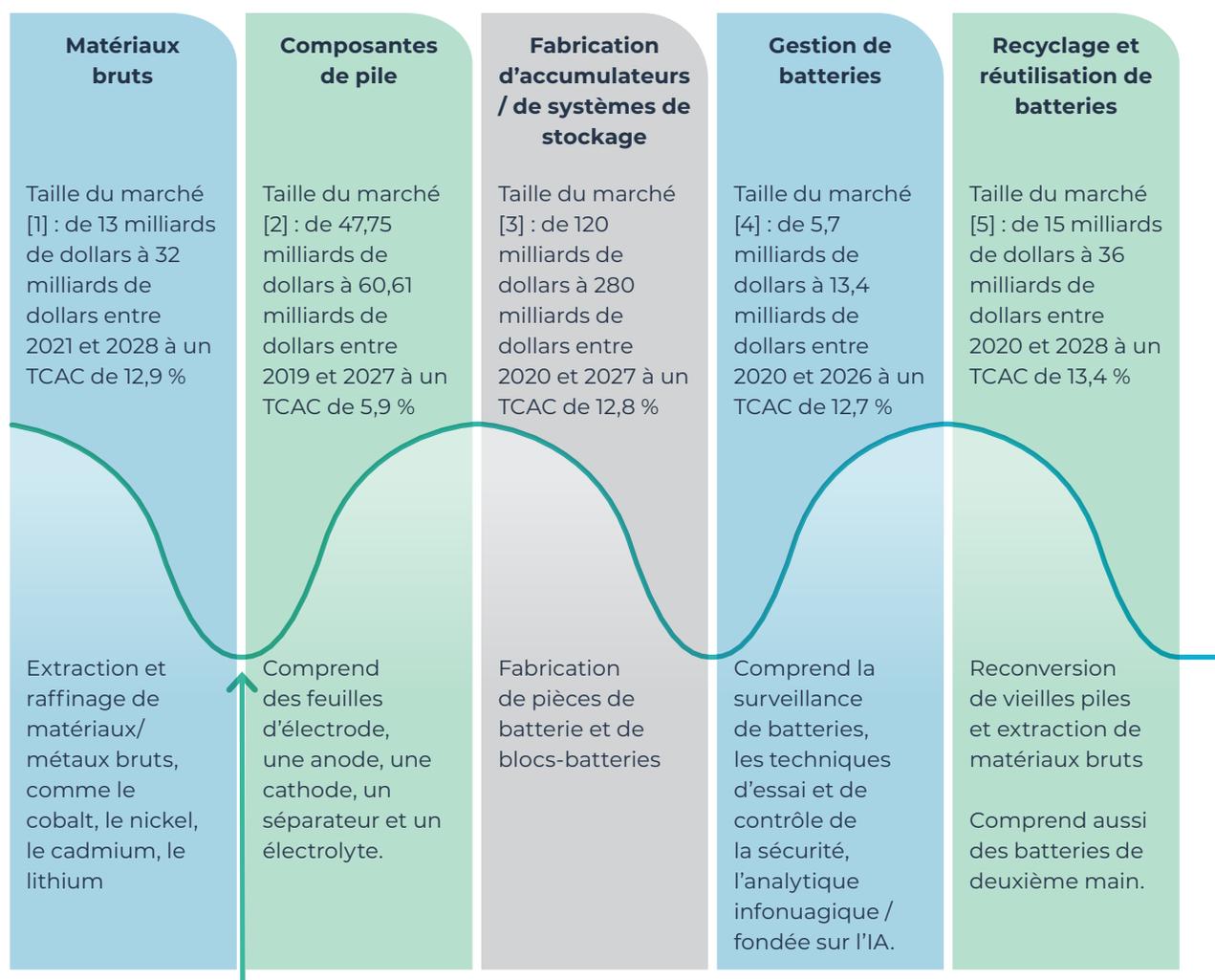
Nous illustrons au **Graphique 2 : Chaîne de valeur du stockage de l'énergie électrochimique** la chaîne de valeur du secteur du stockage de l'énergie, en précisant les activités entre diverses industries et divers sous-secteurs, de l'approvisionnement en matières premières aux composants des piles, à leur fabrication et à leur assemblage, ainsi qu'aux accessoires, en abordant finalement leur réutilisation et leur recyclage. À remarquer que même si l'étude panoramique offre un tableau complet de la chaîne de valeur, l'analyse des dépôts de brevets a continué de cibler les composantes essentielles de la fabrication et des systèmes de gestion des batteries.



Graphique 1 :  
Types de stockage d'énergie



Graphique II : Chaîne de valeur du stockage de l'énergie électrochimique



Tel que l'illustre la chaîne d'approvisionnement du stockage de l'énergie, la croissance du marché est fortement liée aux enjeux et aux solutions techniques de l'ensemble de la chaîne de valeur. Du côté de l'offre, l'industrie minière joue un rôle de premier plan dans l'approvisionnement en matières premières nécessaires pour satisfaire la croissance du marché des VE. L'industrie minière participe de façon importante au produit intérieur brut (PIB) du Canada. Selon l'Association minière du Canada, l'industrie minière a contribué à hauteur de 107 milliards de dollars CAD (5 % du PIB du Canada) au PIB<sup>10</sup>. Par ailleurs, les options de fin de vie pour une batterie, par exemple

sa réutilisation ou sa réattribution (« seconde vie ») répondent à certains segments du stockage de l'énergie, particulièrement le stockage stationnaire basse puissance. Par contre, le perfectionnement continu de la conception des batteries et la réduction du coût des batteries neuves rendent moins lucratives leur réutilisation et leur réaffectation. Il existe aussi une autre option, soit la récupération des matériaux par le recyclage comme source de matières premières. Encore là, les techniques de recyclage n'ont connu qu'une mince amélioration au fil des ans, de sorte qu'il demeure coûteux de recycler comparativement aux sources extractives.

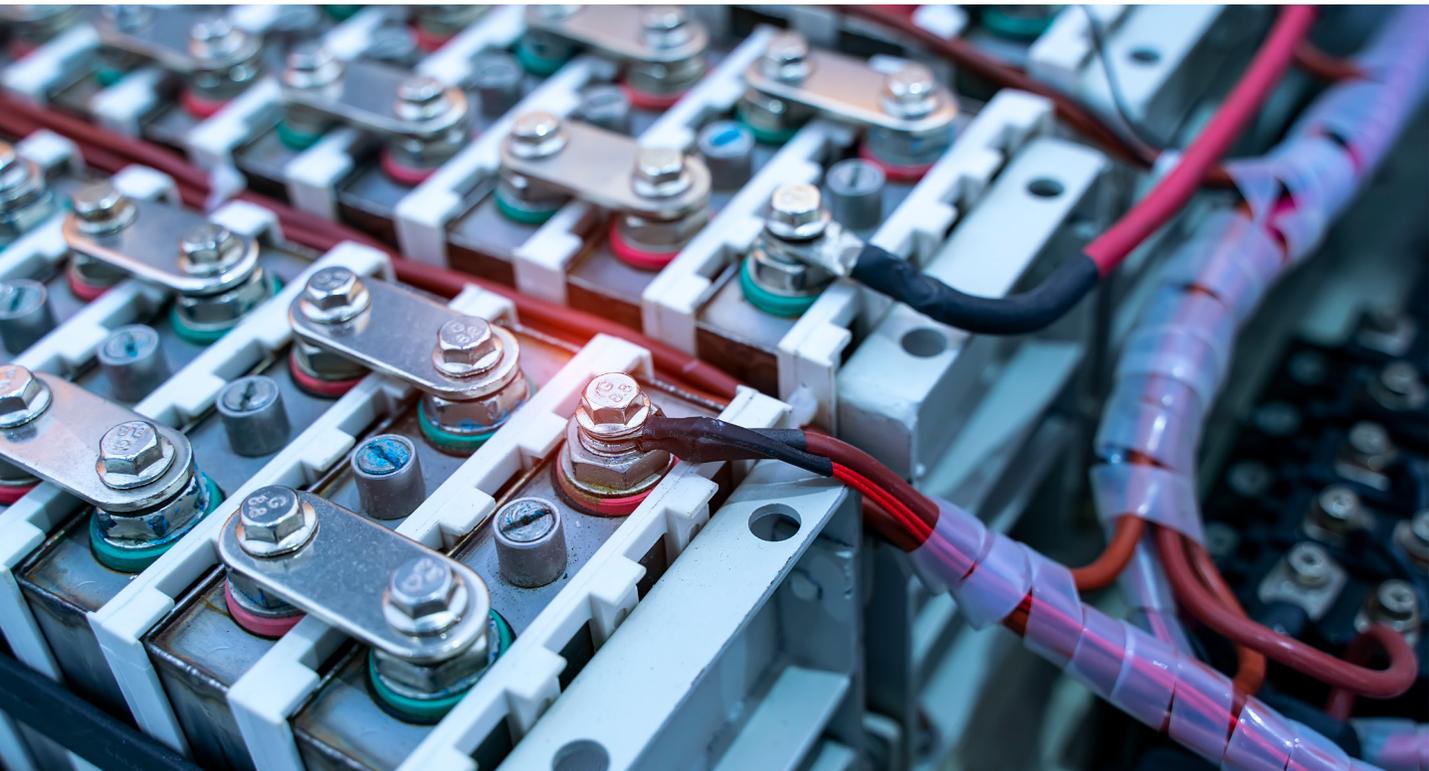
Source de la taille du marché : [1] The Insight Partners, [2] [Research and Markets](#), [3] [Research and Markets](#), [4] [Facts and Factors](#) and [5] [Research and Markets](#)

<sup>10</sup> Dans son dernier rapport sur la situation de l'industrie minière du Canada [l'Association minière du Canada met en lumière les occasions des intervenants de l'industrie de devenir des chefs de file de l'approvisionnement en matériaux essentiels à la transition vers une économie faible en carbone](#) - Association minière du Canada.

Du côté de la fabrication, on s'efforce d'améliorer la conception des batteries afin d'atténuer les risques d'approvisionnement et la dépendance aux minéraux moins abondants ou dangereux, comme le cobalt. Les batteries lithium-ion ont fait l'objet d'un énorme afflux d'investissements afin de régler les difficultés techniques dans ce domaine. Les procédés chimiques récents se sont concentrés sur les matériaux cathodiques actifs afin d'élaborer des concepts moins gourmands en nickel et en cobalt. Au fil des ans, les compositions chimiques des batteries sont passées de l'oxyde lithium-cobalt (LCO) et de l'oxyde lithium manganèse (LMO) (servant dans les deux cas surtout en électronique de consommation à l'époque) au nickel-manganèse-cobalt (NMC), au lithium-fer-phosphate (LFP) et, plus récemment, à l'oxyde de lithium-nickel-cobalt-aluminium (NCA). Nous donnons dans le rapport panoramique détaillé

un résumé plus complet des progrès techniques dans la conception des batteries. La rapidité de ces progrès se voit également dans les systèmes de gestion des batteries, capables de gérer les batteries rechargeables ou secondaires ou des blocs-batteries. Parmi les autres types de stockage d'énergie électrochimique mentionnés dans le rapport panoramique, il y a les batteries métal-air, les piles à combustible à l'hydrogène et les batteries à flux redox.

Il est également question, dans le rapport panoramique détaillé, de stockage d'énergie chimique, par exemple l'hydrogène et les biocombustibles et de stockage d'énergie « électricité-à-gaz » (power-to-gas) ainsi que de stockage d'énergie électrique, par exemple supercondensateur, ultracondensateur et stockage d'énergie magnétique par supraconducteur (SMES).



# Qui est le chef de file du stockage de l'énergie?

Le secteur du stockage de l'énergie a connu ces quelques dernières années une croissance appréciable, entraînée particulièrement par les investissements dans le marché des VE. On trouve, dans plusieurs rapports sur les marchés<sup>11 12 13 14 15 16</sup>, des compilations de données statistiques sur les principales technologies de stockage de l'énergie dans le secteur du stockage énergétique pour les applications mobiles et stationnaires.

## POINTS SAILLANTS DU MARCHÉ

**Croissance estimative du marché :** Dès 2030, les marchés conjugués du stockage de l'énergie pour les applications stationnaires et les transports devraient connaître une croissance allant jusqu'à 2,5-4,2 terawatts-heure (TWh) par année, approximativement de trois à cinq fois le marché actuel, qui se situe à 800 gigawattheures (GWh). Dans ce domaine, les VE sont mieux acceptés et ont fait de la mobilité la demande la plus importante de stockage de l'énergie, du fait qu'ils représentent une utilisation d'environ cinq à dix fois supérieure par capacité d'énergie à celle du stockage d'énergie stationnaire.

**Stockage d'énergie mobile :** Il ressort des rapports que les demandes de stockage pour la mobilité passeront de 0,8 à 3,0 TWh d'ici à 2030, la demande pour les VE légers demeurant, à court terme, dominante sur les marchés. La vente de VE a presque triplé entre 2020 et 2021 seulement : elle compte actuellement pour 7 % du total mondial des ventes de voitures en 2021. D'ici à 2040, on prévoit, selon les estimations, des ventes de 45 millions de VE et la présence sur les routes de 323 millions de VE. La Chine et l'Europe devraient être, à moyen terme, les plus grands marchés de stockage pour la

mobilité. Le segment des voitures électriques et celui des VE commerciaux devrait afficher une croissance s'établissant à 29,9 % et à 30,3 % du TCAC, intervenant, respectivement, pour 2,3 TWh et 0,57 TWh. D'après les prévisions, le cumul des points résidentiels et publics de recharge devrait passer à 32,5 millions et à 5,4 millions de bornes d'ici à 2030, pour une valeur d'investissement de 2,7 milliards de dollars USD et de 3,3 milliards de dollars USD respectivement.

**Stockage d'énergie stationnaire :** Dès 2031, d'après les prévisions des analystes, les plus grands marchés du stockage de l'énergie pour les applications stationnaires sont l'Amérique du Nord (41,1 GWh), la Chine (32,6 GWh) et l'Europe, à 89 GWh (avec une prévision de croissance de 97 % en 2022 seulement, soit un déploiement de 3,3 GWh). Hormis la Chine, le Japon (2,3 GWh) et la Corée du Sud (1,2 GWh) constituent une forte proportion du reste du marché asiatique. Une bonne partie de l'essor de la croissance se situe dans les configurations hybrides d'une durée de quatre heures jumelées aux sociétés d'électricité, aux secteurs commercial et industriel (C et I) et aux énergies renouvelables résidentielles (généralement, photovoltaïques [PV]).

<sup>11</sup> US Department of Energy, Dec 2020, Energy Storage Grand Challenge: Energy Storage Market Report, [https://www.energy.gov/sites/default/files/2020/12/f81/Energy%20Storage%20Market%20Report%202020\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2020/12/f81/Energy%20Storage%20Market%20Report%202020_0.pdf)

<sup>12</sup> U.S. Energy Information Administration, Jul 2020, Battery Storage in the United States: An Update on Market Trends, [https://www.eia.gov/analysis/studies/electricity/batterystorage/pdf/battery\\_storage.pdf](https://www.eia.gov/analysis/studies/electricity/batterystorage/pdf/battery_storage.pdf)

<sup>13</sup> National Renewable Energy Laboratory (NREL, US), Jun 2019, Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage, <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/73222.pdf>

<sup>14</sup> Roland Berger, Apr 2022, A secure supply of raw and refined materials for batteries and an optimized supply-chain set-up are vital to the electric vehicle business model, <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Digging-deeper-How-to-manage-supply-chain-risk-for-lithium-ion-batteries.html>

<sup>15</sup> Advanced Research Projects Agency – Energy (U.S. Department of Energy), Apr 2020, Why Long-Duration Energy Storage Matters, <https://arpa-e.energy.gov/news-and-media/blog-posts/why-long-duration-energy-storage-matters>

<sup>16</sup> Wood Mackenzie, Sep 21, Electric Vehicle Research, <https://www.woodmac.com/our-expertise/capabilities/electric-vehicles/>



## Les cinq grands déterminants de l'innovation et de la croissance dans le secteur du stockage de l'énergie :

### 1 Chaîne d'approvisionnement en matières premières/demande de minéraux

La demande mondiale du marché des batteries Li-ion et du stockage d'énergie devrait à elle seule augmenter de façon exponentielle, pour passer de 213 GWh en 2019 à 3 100 GWh dès 2030, le marché des VE représentant environ 70 % et un TCAC de 29,9 % et de 30,3 % entre 2019 et 2030 pour les voitures particulières et les véhicules commerciaux respectivement.

Selon les experts de l'industrie, la croissance de la demande de VE due aux progrès techniques sur le plan des batteries, à l'amélioration et à l'expansion des processus de fabrication, de même qu'aux réorientations politiques auront des répercussions sur les facteurs économiques touchant les VE, ce qui les rendra finalement plus abordables et comparables aux véhicules à moteur à combustion interne.

Par contre, un regard du côté de l'approvisionnement des matériaux et de la demande d'ampleur inévitable de ce côté risque d'atténuer les baisses prévues de coût, en raison de la hausse des prix des minéraux nécessaires à la transition énergétique. À titre d'exemple, les matières premières représentent entre 60 % et 70 % du coût de fabrication d'une batterie au niveau de la cellule. En 2021, la baisse du prix des batteries n'a été que de 6 %, soit moins que la tendance observée au cours des années antérieures, en raison de l'augmentation des prix des matières premières. D'après l'AIE, un programme énergétique

plus ambitieux que ce que supposait l'Accord de Paris de 2015, tout en n'offrant pas la capacité, et de loin, d'éliminer l'utilisation des combustibles fossiles, augmenterait la demande de minéraux comme le lithium, le graphite, le nickel et le cobalt respectivement de 4 200 %, 2 500 %, 1 900 % et 700 % d'ici à 2040<sup>17</sup>. Parmi les données statistiques intéressantes illustrant cette tendance, mentionnons que :

- » même si les VE ne représentent que 5 % du marché de l'automobile, l'indice des prix des métaux utilisés dans les batteries des VE a augmenté de plus de 200 % au cours des deux dernières années;
- » les prix des batteries au lithium-ion, qui dépassaient 1 200 \$ par kilowatt-heure en 2010, ont chuté de 89 % en termes réels pour s'établir à 132 \$/kWh en 2021. Il s'agit d'une chute de 6 % par rapport à 140 \$/kWh en 2020;
- » les réductions constantes de coût sont de bon augure pour l'avenir des véhicules électriques, qui dépendent de la technologie lithium-ion. Par contre, les répercussions de la hausse des prix des produits de base et des coûts des principaux matériaux, tels que les électrolytes, ont exercé des pressions sur l'industrie dans la seconde moitié de l'année<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> Mills, Mark P. Jun 2022. The Hard Math of Minerals, Issues in Science and Technology (January 27, 2022).

<sup>18</sup> BloombergNEF, Nov 2021, Battery Pack Prices Fall to an Average of \$132/kWh, But Rising Commodity Prices Start to Bite, <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-to-an-average-of-132-kwh-but-rising-commodity-prices-start-to-bite/>



Il faut également préciser que le marché du stockage de l'énergie a aussi une influence sur le secteur des énergies renouvelables, par exemple la hausse du prix des produits de base, au point où on peut observer des répercussions sur le coût de construction des systèmes éoliens et solaires.

## 2 Technologies de recyclage et de réutilisation

Pour gérer la crainte croissante, dans l'industrie, que la hausse de la demande et du coût des matières premières annulent la baisse des coûts à long terme, une des solutions plausibles se situe dans la réutilisation et le recyclage des batteries. Cette solution idéale porte le nom d'économie circulaire, c'est-à-dire que l'on parvient à réutiliser presque complètement les matières du matériel jeté. Par contre, dans ce segment, la maturité des technologies n'a pas encore atteint le niveau lui permettant d'avoir des répercussions sur l'ensemble de l'économie.

De plus, puisque le délai moyen pour ouvrir une mine est de près de 16 ans, l'exploitation minière à elle seule ne peut combler totalement l'augmentation de la demande en minéraux. Compte tenu de ce fait et pour répondre à la demande mondiale, l'industrie devra chercher d'autres sources de minéraux.

## 3 Élaboration des politiques et planification

Dans le monde entier, les cibles réglementaires obligeront les industries, notamment pour ce qui touche l'électrification des transports et les sociétés d'électricité, à étendre la fabrication et à adopter des solutions plus propres de stockage de l'énergie. Pour parvenir à des politiques efficaces jouant en faveur d'une transition énergétique axée sur la durabilité, il faut une compréhension beaucoup

plus aiguisée de la façon dont fonctionne la chaîne d'approvisionnement. C'est-à-dire qu'il faut connaître les liens entre les politiques et leurs répercussions sur l'innovation et la croissance de l'industrie, cerner les goulots d'étranglement éventuels au sein de la chaîne d'approvisionnement et préciser les conséquences imprévues des efforts de durabilité déployés dans un secteur et qui suscitent des pressions environnementales dans d'autres domaines.

La présence de chaînes mondiales d'approvisionnement dans ce secteur signifie que ce ne sont pas uniquement les politiques régionales qui influent sur le processus décisionnel local. Les concessions et les conséquences découlant des politiques prises dans des régions différentes et à une tribune mondiale, en même temps que les effets sur la chaîne d'approvisionnement, peuvent aider les décideurs à créer des plans plus réalistes.

## 4 Investissements et domination régionale

La Chine, qui se targue de posséder 70 % de la capacité mondiale de production de cellules, domine le marché mondial depuis quelques années. La croissance de l'adoption de véhicules électriques (VE) que nous observons ces dernières années devrait se maintenir, car les mesures incitatives des gouvernements centraux et locaux à l'endroit des consommateurs demeurent en vigueur sur nombre des grands marchés mondiaux et les constructeurs agrandissent leurs plateformes de fabrication.

Une brève comparaison des marchés des batteries entre régions indique que c'est en Chine que les prix des blocs batteries étaient les moins élevés, à 111 \$/kWh, tandis que leur coût, aux É.-U. et en Europe respectivement, était de 40 % et 60 % plus élevé.



Le prix des blocs batteries pourrait être l'indice du manque de maturité relative de ces marchés, de la diversité des applications et, en ce qui a trait à la fourchette supérieure, du volume peu élevé et des commandes sur mesure.

## 5 Événements géopolitiques

Les chaînes mondiales d'approvisionnement et les interdépendances entre pays laissent penser que les événements politiques peuvent être à l'origine de répercussions/conséquences économiques à l'échelle mondiale. Tout récemment, les événements en Ukraine ont suscité une hausse des prix du nickel et du carbonate de lithium, avec des répercussions sur les marchés de la chaîne d'approvisionnement pour le stockage de l'énergie. La Commission européenne a également publié des lignes directrices et politiques plus rigoureuses pour réduire avant 2030 toute dépendance de la Russie concernant les combustibles fossiles et le rythme du changement dans ce secteur.

Le cobalt, le nickel et le lithium sont les trois minéraux essentiels pour les batteries. Les plus grands producteurs mondiaux de ces minéraux auraient les moyens d'influer sur les chaînes d'approvisionnement et les marges bénéficiaires/coûts de transaction. L'évolution des contextes politiques dans les principaux pays producteurs de minéraux peut entraîner une fluctuation des prix et des approvisionnements en matières premières.

» **Cobalt** : Le principal producteur de cobalt est la République démocratique du Congo (RDC),

où sont extraits 64 % du cobalt à ciel ouvert du monde, et on prévoit une croissance atteignant 80 % d'ici à 2025. Les prix du cobalt devraient augmenter parallèlement à la hausse de la demande de ce minéral. D'après les projections, la demande devrait tripler pour s'établir à 300 000 tonnes d'ici à 2040.

» **Nickel** : La hausse de la demande en raison de l'utilisation accrue du nickel pour remplacer le cobalt dans la chimie des nouvelles batteries entraîne une hausse des prix. Le prix du nickel a augmenté de plus de 20 % en 2019 car les stocks entreposés de par le monde et inscrits à la Bourse des métaux de Londres affichent les niveaux les plus faibles enregistrés depuis plusieurs années. Les plus grands producteurs de nickel se trouvent en Indonésie (23 %) et aux Philippines (18 %) et l'évaluation du marché se situe à 30 milliards de dollars par an.

» **Lithium**<sup>19</sup> : Évalué à 3,2 milliards de dollars, le marché du lithium passera de 240 000 tonnes à 1,7 million de tonnes d'ici à 2040. Les principaux producteurs sont l'Australie, l'Argentine et le Chili. La Chine a une forte influence sur le marché, car elle contrôle la majorité des installations de conversion chimique servant à valoriser les concentrés. De plus, plusieurs grands producteurs de lithium sont établis en Chine, notamment à Tianqi Lithium et à Jiangxi Ganfeng. Toutefois, les prix du lithium devraient fléchir, car l'offre dépasse la demande.

**Le lecteur trouvera dans le rapport panoramique détaillé des renseignements et des tendances fondés sur des illustrations chronologiques et des indices de qualité pour analyser les données sur les brevets, le tout complété par de l'information sur le marché. Le rapport panoramique détaillé est disponible aux membres du CAI.**

<sup>19</sup> Greenbiz, 2019, Who will win the battery wars?, <https://www.greenbiz.com/article/who-will-win-battery-wars>



**Le Collectif d'actifs en innovation**

67 Erb Street West  
Waterloo, ON  
N2L 6C2

[info@ipcollective.ca](mailto:info@ipcollective.ca)

Financé par le gouvernement du Canada.