

Batteries lithium-ion : cartographie dynamique de la chaîne de valeur et perspectives

Romain Capliez, Carl Grekou, Emmanuel Hache & Valérie Mignon

Résumé

Représentant plus de 20 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre, le secteur des transports joue, en parallèle à celui de la production d'énergie, un rôle clé dans la lutte contre le réchauffement climatique. La décarbonation de la mobilité constitue un levier majeur des stratégies des États, faisant de l'électrification des transports, et tout particulièrement du secteur des batteries, un des secteurs les plus stratégiques. Les enjeux sont d'autant plus cruciaux que, si le secteur des batteries lithium-ion a connu une croissance fulgurante au cours de la décennie passée, elle a surtout profité à la Chine qui en domine l'ensemble de la chaîne de valeur. Ce *Policy Brief* analyse ainsi de façon approfondie le positionnement des différents acteurs sur la chaîne de valeur, des minerais jusqu'aux batteries. Il présente en outre les pistes s'offrant à l'Union européenne pour s'extraire de la dépendance à la Chine, détaillant les stratégies industrielles et institutionnelles. L'accent est enfin mis sur la sobriété comme un moyen de réduire la dépendance aux matériaux critiques et, par-là même, à l'empire du Milieu.



Avec près de 21 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) au niveau mondial, le secteur des transports joue, en parallèle à celui de la production d'énergie, un rôle clé dans la lutte contre le réchauffement climatique. Décarboner la mobilité, notamment par l'électrification des transports, constitue un levier majeur des stratégies des États. Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), près de 14 millions de véhicules électriques ont été vendus à travers le monde en 2023 – 35 millions sur la période 2019-2023 – soit une part de marché d'environ 20 % au niveau international et une hausse de 35 % par rapport à 2022 (AIE, 2024a). Les dynamiques géographiques restent toutefois très hétérogènes, la Chine (8,1 millions de véhicules vendus en 2023) représente aujourd'hui le marché le plus actif pour ce type de motorisation, suivie par l'Europe (2,4 millions) et les États-Unis (1,4 million).

Selon BloombergNEF (2024), le segment de l'électrification des transports (incluant les bornes de recharge et les véhicules électriques) est devenu en 2023 le premier secteur d'investissement dans les technologies bas-carbone avec environ 630 milliards de dollars. Il surpasse désormais celui des énergies renouvelables et représente 36 % des investissements mondiaux dans les technologies bas-carbone portés l'année dernière à environ 1 800 milliards de dollars.

La dynamique devrait se poursuivre au regard des objectifs climatiques, mais également en raison de la diminution notable du coût des batteries enregistrée au cours des dix dernières années.

Proposer des solutions de mobilité électrifiée au grand public à des prix acceptables constitue dès lors un objectif ambitieux pour de nombreux gouvernements. Cependant, ces stratégies font face à diverses problématiques tout au long de la chaîne de production des véhicules électriques, en particulier dans le segment de la fabrication des batteries.

Ces dernières sont essentielles à la double dynamique de transition écologique et numérique¹. De l'extraction des minerais à leur transformation puis leur intégration dans des batteries et, *in fine*, à la production de véhicules électriques, l'ensemble de la chaîne de valeur est l'objet d'une forte compétition entre États (Chine, Europe et États-Unis) et recouvre de nombreux enjeux industriels (résilience des chaînes de valeur, emploi industriel), géopolitiques (souveraineté des États dans leur politique de sécurisation des approvisionnements) et environnementaux (création d'une économie circulaire dans ce secteur en minimisant les impacts).

(1) Outre le développement d'Internet et de la mobilité numérique (smartphones, tablettes...), l'explosion du nombre d'objets connectés nécessite un recours accru aux technologies de stockage d'électricité faisant appel aux matériaux critiques au premier rang desquels le lithium. Le rôle joué par les batteries est ici crucial eu égard aux enjeux de performance énergétique (autonomie, taille, etc.).

de l'extraction des minerais à leur transformation puis leur intégration dans des batteries et, in fine, à la production de véhicules électriques, l'ensemble de la chaîne de valeur est l'objet d'une forte compétition entre États

Outre les investissements massifs à réaliser pour l'électrification des transports et les infrastructures de recharge, la fabrication de batteries nécessite de très importantes quantités de minerais et métaux, dont nombre d'entre eux sont considérés comme critiques, voire stratégiques². Les batteries lithium-ion – qui constituent la technologie la plus couramment utilisée dans les voitures électriques – sont ainsi très intensives en minerais comparativement aux batteries plomb-acide des véhicules thermiques³. Dans son scénario de développement durable (*sustainable development scenario*, SDS) – qui indique ce qui est requis pour obtenir une trajectoire compatible avec les accords de Paris – l'AIE prévoit une multiplication par 30 de la demande mondiale de minerais en 2040. Les véhicules électriques et les batteries comptent pour la moitié de la croissance de cette demande imputable aux énergies bas-carbone.

Le véhicule électrique est ainsi devenu sur les années récentes une technologie symbole de la compétition des États dans la transition écologique. De l'*Inflation Reduction Act* (IRA) voté en 2022 aux États-Unis au *Net Zero Industry Act* (2024) européen, les politiques industrielles des pays développés ont toutes un volet relatif à la question du véhicule électrique dans leur dimension productive ou commerciale. Ces stratégies affirmées cherchent notamment à contrer l'influence de la Chine sur ce segment ; Pékin ayant, grâce à une politique

volontariste depuis plus de deux décennies, construit et consolidé des avantages comparatifs sur l'ensemble de la chaîne de valeur.

Ce *Policy Brief* se consacre ainsi aux enjeux et défis soulevés par l'électrification de la flotte de transport au travers de l'étude des batteries lithium-ion. Il propose une

la fabrication de batteries nécessite de très importantes quantités de minerais et métaux, dont nombre d'entre eux sont considérés comme critiques

analyse approfondie du positionnement des différents acteurs sur la chaîne de valeur, des minerais jusqu'aux batteries. Face au constat de domination de la Chine sur l'ensemble des segments de la chaîne, il présente en outre les pistes s'offrant à l'Union européenne (UE) pour s'extraire de la dépendance à l'empire du Milieu.

(2) La Commission européenne recense 34 matières premières critiques en 2023, dont 17 sont considérées comme stratégiques au sens où leur « fourniture devrait augmenter de manière exponentielle, qui ont des exigences complexes en matière de production et qui sont donc confrontées à un risque plus élevé de problèmes d'approvisionnement ». Pour plus d'informations, voir Capliez et al. (2024).

(3) Selon le rapport 2023 du WWF réalisé en collaboration avec l'Institut Mobilités en Transition (WWF, 2023), la fabrication d'un véhicule électrique requiert en moyenne 394 kg de matériaux critiques (aluminium, cobalt, cuivre, graphite, lithium, manganèse et nickel, principalement), soit 2,2 fois plus que pour la production d'un véhicule thermique qui en nécessite 176 kg en moyenne (aluminium, cuivre et manganèse).

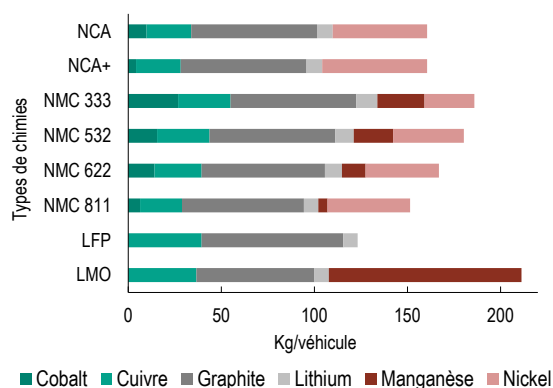
1. Les « chimies » des batteries lithium-ion

Du fait de leurs performances élevées, mais aussi de leurs tailles et poids réduits par rapport aux autres technologies comparables, les batteries lithium-ion se sont hissées au premier rang des technologies prometteuses pour la transition énergétique, en particulier pour la mobilité électrique. Derrière la dénomination courante de batteries lithium-ion (ou Li-ion), se cache en réalité une multitude de technologies – différentes « chimies⁴ » – se démarquant par leurs performances et composition en métaux (voir graphique 1 et encadré 1).

De manière générale, le cobalt, le graphite, le lithium, le manganèse et le nickel sont les principaux matériaux utilisés dans la fabrication d'une batterie Li-ion. Si, quantitativement, le graphite se distingue très largement des autres composants, ce sont surtout le cobalt et le nickel qui arrivent en tête en termes de coût des composants avec des quantités moindres mais des prix élevés et/ou très volatils⁵.

derrière la dénomination courante de batteries lithium-ion (ou Li-ion), se cache en réalité une multitude de technologies

Graphique 1 – Principaux métaux stratégiques dans une batterie lithium-ion



Notes : Illustration pour une batterie de 75 kWh avec des anodes en graphite. NMC : nickel-manganèse-cobalt (les chiffres renvoient au pourcentage respectif des éléments) ; NCA : nickel-cobalt-aluminium ; LFP : lithium-fer-phosphate ; LMO : lithium-manganèse-oxyde. Voir l'encadré 1 pour plus de détails.

Source : Agence internationale de l'énergie (AIE, 2021).

En l'état actuel, les batteries lithium-ion apparaissent encore très intensives en métaux⁶. Des différentes chimies et générations de batteries, se dégage toutefois une volonté d'allier performances et profitabilité via des minerais/métaux

alternatifs et/ou en moindre quantité. Les parts de marché des batteries devraient ainsi évoluer en faveur des technologies les moins intensives. Le graphique 2 présente à cet effet l'état actuel et les prévisions de parts de marché pour les différents types de batteries à destination de l'industrie automobile (AIE, 2024b). Alors qu'en 2021 l'AIE (AIE, 2021) prévoyait un net recul des batteries LFP (lithium-fer-phosphate) et un essor remarquable des batteries utilisant la chimie NMC (nickel-manganèse-cobalt) – tout particulièrement des batteries NMC 811 – pour les véhicules électriques légers, les prévisions de l'Agence ont significativement évolué en 2024. On assiste en effet à un retournement de situation depuis 2019 avec la résurgence des chimies

LFP. Plusieurs facteurs expliquent une telle dynamique. Les batteries LFP ne comportent pas de nickel ni de cobalt, ce qui permet de diminuer l'exposition aux prix élevés des matières premières et à leur volatilité. La technologie cell-to-pack (CTP) a en outre permis de réduire le « poids mort » et les coûts de l'emballage, accroissant la densité énergétique des batteries LFP⁷. Deux autres progrès récents constituent des raisons supplémentaires de l'attrait pour ces chimies : (I) la très forte réduction du temps de charge (10 minutes pour une autonomie de 400 kms) et (II) le développement des chimies LMFP, version améliorée des batteries LFP comportant du manganèse (M), contribuant à accroître leur densité énergétique. Au-delà des chimies Li-ion, de nouveaux types de batteries devraient apparaître d'ici 2030, telles que les batteries sodium-ion. Ces dernières sont moins intensives en matériaux critiques que leurs homologues Li-ion, mais leur essor est fortement conditionné à la dynamique des prix du lithium. En d'autres termes, il n'est pas à attendre un fort développement de ces chimies en l'absence de hausse durable et significative des cours du lithium. Pour finir, notons également l'émergence attendue des batteries dites « solides » (utilisant la chimie ASSB, « All Solid-State Battery ») – par opposition aux batteries actuelles à électrolyte liquide – même si celles-ci ne devraient pas avoir d'impact significatif d'ici 2030 (AIE, 2024b).

en l'état actuel, les batteries lithium-ion apparaissent encore très intensives en métaux

on assiste à un retournement de situation depuis 2019 avec la résurgence des chimies LFP

(4) La chimie des batteries désigne ainsi l'ensemble des matières premières qui les constituent.

(5) À titre d'exemple, après avoir augmenté de 41 % entre 2021 et 2022, les cours du nickel ont chuté de 18 % en 2023 en moyenne annuelle ; la baisse atteignant même 43 % entre janvier 2023 et janvier 2024. Les cours se sont ensuite inscrits dans une dynamique haussière, avec une croissance de l'ordre de 20 % entre février et mai 2024, illustrant ainsi leur forte volatilité.

(6) Selon l'AIE, sur la base d'une batterie de 75 kWh avec des anodes en graphite, il en faut en moyenne 168 kg de minerais par batterie Li-ion, contre moins de 50 kg pour une batterie de véhicule thermique.

(7) Les batteries CTP appartiennent à la classe des batteries sans modules. Contrairement aux batteries avec modules, les cellules des batteries CTP sont directement positionnées au sein du boîtier, formant un bloc uniforme et continu. La part de matière active est plus élevée comparativement aux batteries avec modules, synonyme d'une capacité de stockage d'énergie plus importante.

Encadré 1 – Batteries lithium-ion dans l'industrie automobile : un aperçu des technologies

Initialement à destination de l'électronique grand public, les batteries lithium-ion ont progressivement trouvé de nouveaux débouchés dans l'industrie automobile jusqu'à s'établir comme le standard pour l'électrification des véhicules. Leur principe reste cependant invariable : stocker de l'énergie électrique sous forme chimique et la restituer de manière contrôlée. Cela est rendu possible par la circulation d'ions lithium entre deux électrodes – de l'anode (pôle négatif) vers la cathode (pôle positif) – immergées dans un liquide conducteur appelé électrolyte. Selon l'état de « charge » ou de « décharge », la cathode et l'anode jouent alternativement le rôle de point d'entrée et de sortie du courant électrique. À l'échelle d'un véhicule, une batterie lithium-ion se présente comme un assemblage d'unités de batteries individuelles (appelées cellules) reliées entre elles. La tension et la capacité de la batterie – *i.e.*, quantité d'électricité pouvant être stockée, exprimée généralement en kilowattheure (kWh) – sont ainsi déterminées par le nombre de cellules, leur taille, leur type et leur agencement. Pour l'essentiel, les différentes batteries lithium-ion se distinguent par leurs cellules, composées d'une anode, d'une cathode, d'un séparateur et d'un électrolyte. Si l'anode est généralement composée de graphite, la cathode, en revanche, rassemble divers éléments chimiques renvoyant à différentes technologies, différentes « chimies ». Les principales chimies et leurs caractéristiques sont – sommairement – présentées ci-dessous.

NMC (Nickel-Manganèse-Cobalt)

Avec 72 % des parts de marché en 2020 (voir graphique 2), les batteries utilisant la chimie NMC sont les plus courantes dans le secteur de l'automobile. Cela tient à leur capacité à atteindre une énergie spécifique très élevée (jusqu'à 220-240 Wh/kg), permettant

de stocker une grande quantité d'énergie avec un volume et un poids réduits. La chimie NMC se décline en 4 types, NMC 333, NMC 532, NMC 622 et NMC 811, les chiffres renvoyant au pourcentage respectif des éléments dans la cathode. La dernière génération, NMC 811, affiche donc une plus forte concentration en nickel et une faible teneur en manganèse et cobalt, permettant ainsi une densité d'énergie plus élevée à un coût moindre. Cette chimie devrait connaître un essor très rapide et se substituer aux cellules plus anciennes, en particulier NMC 622, les plus courantes en 2020.

NCA (Nickel-Cobalt-Aluminium)

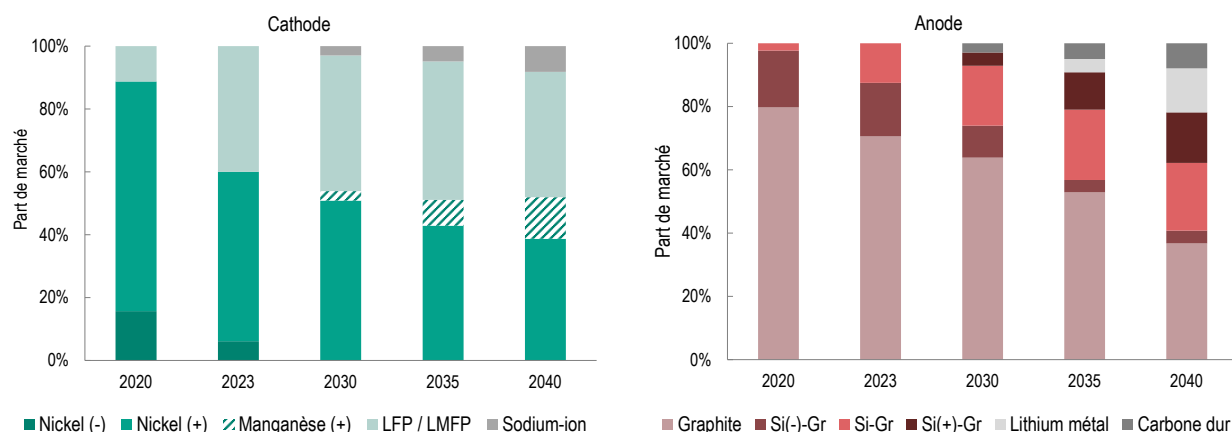
Comparativement aux batteries utilisant la chimie NMC, celles basées sur la chimie NCA possèdent une densité énergétique plus élevée (250-300 Wh/kg). Cependant, elles affichent un indice de sécurité inférieur. En raison de la proximité entre les cellules NMC 811 et les cellules NCA (faible teneur en cobalt et en aluminium et haut pourcentage de nickel), ces dernières devraient disparaître au profit des premières, compromis entre la densité énergétique, la sécurité et la stabilité.

LFP (Lithium-Fer-Phosphate)

N'utilisant ni nickel ni cobalt, les batteries issues de la chimie LFP affichent un fort avantage en termes de coûts (aussi bien économiques qu'environnementaux). À cela, s'ajoutent des performances élevées, notamment en termes de sécurité et de durée de vie, qui ont soutenu l'essor des batteries LFP. Cependant, en raison de leur plus faible densité énergétique (donc nécessitant plus de volume et plus lourd), les batteries LFP ont eu par le passé un champ d'application souvent réduit au secteur industriel, au stockage stationnaire, à l'agriculture ou à l'électrification de véhicules spéciaux.

* Les batteries dites « solides » ou « tout solide » (*All Solid-State Battery*, ASSB), contrairement aux autres types, utilisent un matériau solide pour l'électrolyte. Les avantages théoriques associés à cette technologie en cours de développement sont, entre autres, une meilleure densité énergétique, une sécurité accrue et un temps de recharge plus court.

Graphique 2 – Parts de marché des différentes chimies de batteries utilisées pour les véhicules électriques



Notes : LFP = lithium-fer-phosphate ; LMFP = lithium-manganèse-fer-phosphate ; NMC = lithium-nickel-cobalt ; NCA = lithium-nickel-cobalt-aluminium ; NMCA = lithium-nickel-manganèse-cobalt-aluminium ; LNO = lithium-nickel-oxyde ; LNMO = lithium-nickel-manganèse-oxyde. Nickel(-) = faible teneur en nickel (inclut NMC 333 et NMC 532, voir encadré 1) ; Nickel(+) = forte teneur en nickel (inclut NMC 622, NMC 721, NMC 811, NCA, NMCA, LNO). Manganèse(+) = forte teneur en manganèse (inclut LNMO et NMC riche en lithium-manganèse (LMR-NMC)). Si(-)-Gr = silicone-graphite avec faible teneur en silicone (5 %). Si-Gr = silicone-graphite avec teneur moyenne en silicone (5 %-50 %). Si(+)-Gr = silicone-graphite avec forte teneur en silicone (> 50 %).

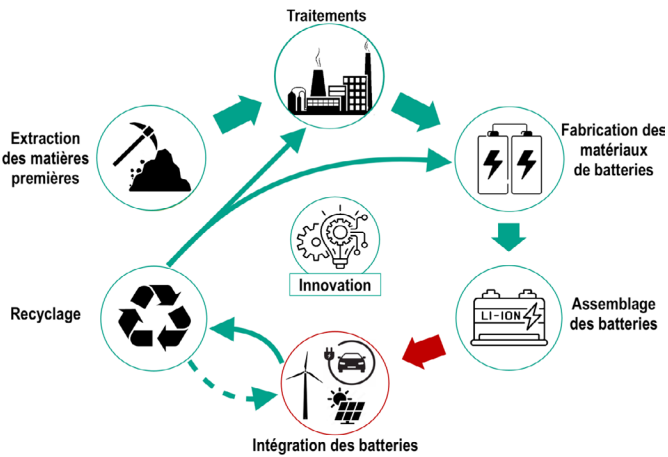
Source : AIE (2024b).

L'évolution des prévisions de l'AIE montre le rôle crucial joué par les changements technologiques dans les chimies des batteries avec des enjeux fondamentaux sur les métaux mais aussi sur le recyclage. Les batteries LFP étant exemptes de nickel et de cobalt, leur recyclage est, de fait, relativement peu rentable économiquement comparativement aux batteries NMC puisque seul le lithium est récupéré – d'autant plus que ce dernier est en quantité moindre (d'environ 20 %) dans les chimies LFP que dans les chimies NMC. Le cobalt et le nickel sont en outre des matériaux qui se recyclent relativement bien et dont les cours sont plus élevés que ceux d'autres métaux, augmentant la rentabilité du recyclage des batteries NMC par rapport aux chimies LFP.

2. Des minerais aux batteries lithium-ion : une reconstruction de la chaîne de valeur

Avec l'essor prévu de l'électromobilité – plus de 730 millions de véhicules en circulation en 2040 (BloombergNEF, 2023) – toute la chaîne de valeur des batteries lithium-ion devrait connaître une révolution. Les évolutions technologiques susmentionnées reflètent en partie l'importance des enjeux. Ces derniers sont nombreux et se situent à tous les niveaux de la chaîne de valeur, de l'extraction des matières premières à la production des batteries – et leur potentiel recyclage en fin de vie. Ces étapes sont amenées à être de plus en plus stratégiques en raison non seulement des volontés d'intégration verticale des constructeurs automobiles, mais plus généralement des enjeux industriels (e.g., résilience des chaînes de valeur) ou de ceux des États (e.g., souveraineté). Du fait de leur relative complexité, la fabrication de batteries lithium-ion comporte un nombre conséquent d'étapes représentées schématiquement dans le graphique 3.

Graphique 3 – Chaîne de valeur des batteries lithium-ion



Source : Auteurs.

La première est celle de l'extraction des matières premières. Cette étape joue un rôle crucial dans la chaîne de valeur en tant que première – et principale – source d'approvisionnement en minerais, et ce d'autant plus que l'extraction de ces derniers est concentrée dans quelques pays (voir section 3). Si de nombreux pays possèdent un fort potentiel géologique – à l'instar de la Bolivie, l'Argentine et le Chili pour le lithium – la prise de conscience générale des enjeux – notamment ceux associés à une descente de la chaîne de valeur – couplée à des processus longs et coûteux avant l'exploitation de nouvelles mines, tend à renforcer les avantages actuels des pays producteurs. À cela s'ajoutent les nombreux défis sociaux, de gouvernance, mais surtout environnementaux auxquels font face les pays.

Une fois extraits, les minerais sont traités dans une deuxième étape. Celle-ci regroupe différentes phases allant des transformations les plus élémentaires (e.g., passage à une forme solide) au raffinage des minerais – i.e., amélioration de la pureté chimique. Cette étape clé de transformation en matières actives représente une valeur ajoutée d'environ 50 % par rapport à l'étape précédente (Sharova et al., 2020 et tableau 1). Elle s'accompagne néanmoins d'un coût environnemental souvent important⁸.

Tableau 1 – Part de chaque étape de la chaîne de valeur à la valeur ajoutée associée à la production d'une batterie Li-ion (en %)

Extraction	Traitements	Fabrication	Assemblage	Intégration	Recyclage
~ 80	~ 50	~ 40	~ 50	~ 25-30	~ 10

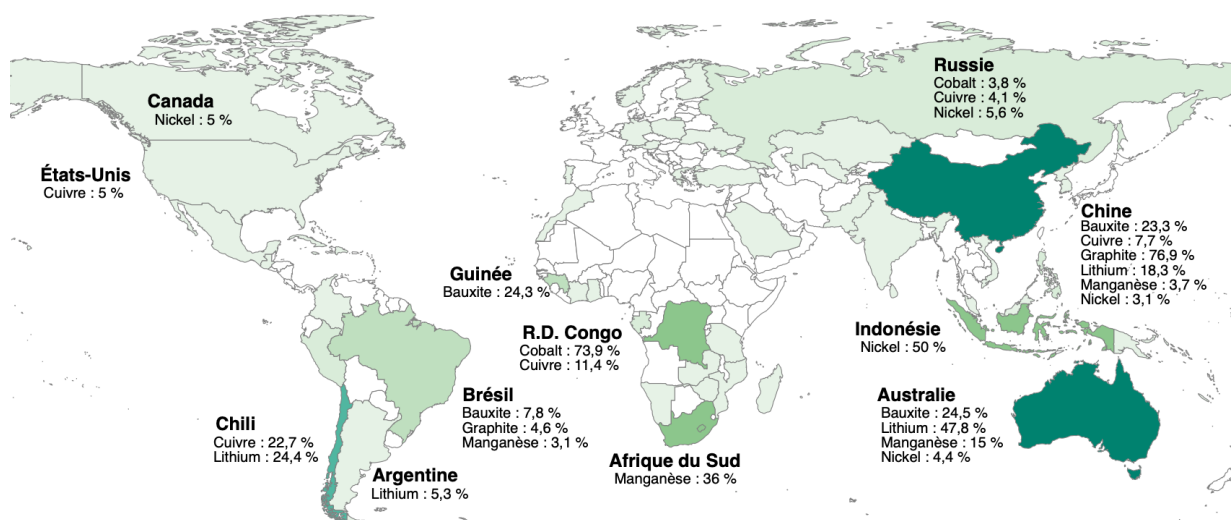
Note : Création de valeur par rapport à l'étape précédente.
Source : Sharova et al. (2020).

Les segments du milieu de la chaîne de valeur (troisième étape) sont tout aussi créateurs de valeur ajoutée. Les différentes matières actives sont combinées entre elles et associées à d'autres pour fabriquer les composants des cellules de batteries. Si l'anode, généralement en graphite, peut sembler sommaire, c'est davantage la maîtrise de la technologie pour la production de la cathode qui apparaît comme un élément essentiel car affectant significativement les performances de la cellule finale. Ce rôle primordial de la cathode est l'une des raisons sous-jacentes à la volonté

c'est davantage la maîtrise de la technologie pour la production de la cathode qui apparaît comme un élément essentiel

(8) Voir notamment le site de la Vulcan Energy, société qui extrait du lithium dans les sources géothermales en Allemagne.

Graphique 4 – Principaux pays producteurs des minerais pour les batteries lithium-ion



Notes : Les nuances de vert indiquent l'importance des pays dans la production des minerais (2023) composant les batteries lithium-ion. Cette importance est calculée comme la moyenne des productions (normalisées entre 0 et 1) des différents minerais (i.e., bauxite, cobalt, cuivre, graphite, lithium, manganèse, nickel).

Source : USGS (United States Geological Survey, Mineral Commodity Summaries).

d'internalisation de la part de nombreux fabricants de batteries⁹. À cela s'ajoute une valeur ajoutée d'environ 40 % par rapport à l'étape précédente du raffinage (Mathieu, 2021). Plus en aval, les différents processus relatifs à l'assemblage des cellules et à leur certification génèrent environ 50 % supplémentaires de la valeur ajoutée (Sharova *et al.*, 2020).

Dernières étapes avant l'intégration des « batteries » dans le produit final (e.g., véhicules), les cellules de batteries sont regroupées pour former des modules, eux-mêmes regroupés en « packs » ou « blocs-batteries » et dotés d'un système électronique

(Battery Management System, BMS) permettant le contrôle et la gestion de la charge des différents éléments.

Maillon final de la chaîne de valeur, le recyclage occupe une place de plus en plus importante. En permettant une valorisation en « boucle » des métaux stratégiques contenus dans les batteries, le recyclage contribuerait significativement – à terme – à la sécurisation des approvisionnements, non

pas uniquement pour les métaux composant les batteries, mais plus généralement pour ceux nécessaires à la transition énergétique. Le recyclage s'inscrit également au cœur des préoccupations environnementales associées à l'amont (extraction), mais aussi à l'aval (raffinage) de la chaîne de valeur des matières premières. Le

terme générique « recyclage » recèle en réalité différents parcours et/ou procédés et, en tout premier lieu, la réutilisation des chutes et des rebuts de la production des batteries (*scrap*). Au niveau des batteries, lorsqu'elles ne sont pas – directement – réutilisables, celles arrivées en fin de vie aux standards de l'industrie automobile se voient offrir une seconde vie, notamment dans le stockage stationnaire (énergies solaire et éolienne). À défaut, elles sont recyclées – à proprement parler – et les métaux ainsi récupérés viennent alimenter à nouveau la chaîne de valeur¹⁰.

3. Les acteurs mondiaux

L'extraction des matières premières nécessaires à la production de batteries lithium-ion reste à ce jour encore concentrée dans un nombre relativement restreint de pays (graphique 4)¹¹. L'Australie et la Chine se distinguent nettement des autres pays, tant par la diversité de leurs productions que par l'importance de certaines d'entre elles. L'Australie est le premier producteur de lithium avec 47,8 % de la production mondiale en 2023, loin devant le Chili et l'Argentine avec respectivement 24,4 % et 5,3 %. Ces deux derniers pays forment, avec la Bolivie, le « triangle du lithium » abritant plus de 60 % des ressources mondiales de lithium¹². L'Australie renferme quant à elle environ 21 % des réserves mondiales. Elle apparaît également comme le premier producteur mondial de bauxite (24,5 %) et le

(9) À titre d'exemple, à l'image de Volkswagen qui prévoit d'investir 20 milliards d'euros dans sa filiale PowerCo d'ici 2030, 14 % de la fabrication mondiale de chimies NMC est internalisée par les entreprises productrices de cellules (Sharova *et al.*, 2020).

(10) Deux types de procédés sont utilisés pour le recyclage des métaux dans les batteries : les procédés de pyroméallurgie et les procédés d'hydroméallurgie. Si les premiers sont sources d'émissions de gaz à effet de serre, les seconds nécessitent le recours à des produits chimiques et une grande quantité d'eau – à dépolluer par la suite.

(11) Voir l'encadré 2 pour les détails relatifs à la méthodologie et aux données.

(12) Si la Bolivie ne produit pour l'instant pas de lithium, elle abrite, sous le « salar » (désert de sel) d'Uyuni, le gisement lithinifère le plus important au monde.

troisième de manganèse avec 15 % de la production mondiale – derrière l'Afrique du Sud avec 36 % et le Gabon avec 23 %. Le sous-sol chinois regorge quant à lui de nombreux minerais lui conférant naturellement un rôle prépondérant parmi les acteurs

l'extraction des matières premières nécessaires à la production de batteries lithium-ion reste encore concentrée dans un nombre relativement restreint de pays

en amont de la chaîne de valeur des batteries lithium-ion. Premier producteur de graphite naturel avec 76,9 % de la production mondiale (21,4 % des réserves mondiales), la Chine est aussi le deuxième producteur mondial de bauxite (23,3 %). Elle est en outre un acteur important du lithium avec environ 18,3 % de la production et 7,4 % des réserves mondiales.

D'autres pays occupent également une place importante,

mais avec une production bien moins diversifiée que l'Australie et la Chine. C'est le cas tout particulièrement de la République démocratique du Congo (RDC), d'où sont extraits 74 % du cobalt mondial (2023) – et dont le sous-sol renferme environ 50 % des réserves mondiales – et de l'Indonésie produisant 50 % du nickel en 2023.

L'analyse des productions nationales masque cependant une réalité, celle du rôle joué par les multinationales. En effet, la distinction entre acteurs nationaux et internationaux donne une tout autre perception des acteurs mondiaux de la production de minerais, en particulier de l'importance de la Chine.

Si la dotation naturelle de la Chine lui confère une importance particulière sur l'amont de la chaîne de valeur, elle a surtout joué un rôle de levier pour l'essor du pays. En effet, comme documenté par Bonnet *et al.* (2022), la Chine a pris conscience de l'importance des métaux stratégiques assez tôt et a surtout bien entrevu le potentiel des minerais et métaux

l'analyse des productions nationales masque cependant une réalité, celle du rôle joué par les multinationales

aujourd'hui jugés stratégiques par tous¹³. Cette volonté de développer le secteur minier s'inscrivait au cœur d'un agenda industriel afin « de transformer l'avantage de la ressource en supériorité économique »¹⁴, objectif réaffirmé – entre autres – dans le plan décennal « *Made in China 2025* » (2015) projetant la Chine comme la superpuissance industrielle – à l'horizon

(13) L'exemple le plus parlant est sans doute celui des terres rares. Au début des années 1980, sous l'impulsion de Deng Xiaoping, la Chine entreprend d'asseoir une position dominante sur le marché malgré une production négligeable comparée à celle des États-Unis, alors premier producteur mondial. En 1992, c'est chose faite ; la production chinoise dépasse celle des États-Unis. En 1995, la production chinoise est plus de deux fois supérieure à celle des États-Unis ; sur la deuxième moitié des années 2000, 97 % de la production mondiale est chinoise.

(14) « Améliorer le développement et les applications des terres rares, et transformer l'avantage de la ressource en supériorité économique » (Jiang Zemin, 1999).

Encadré 2 – Cartographie dynamique de la chaîne de valeur : données et méthodologie(s)

L'analyse dynamique de la chaîne de valeur des batteries lithium-ion nécessite une collection relativement importante de données, allant de la production des matières premières aux exportations de batteries – voire de véhicules électriques. Afin de couvrir toute la chaîne de valeur, nous nous appuyons sur Blagoeva *et al.* (2019) et McMahon (2022) qui fournissent, pour les produits de la chaîne, les identifiants à six chiffres dans le système harmonisé de désignation et de codification des marchandises (code SH6). En plus d'assurer une relative exhaustivité, le cadre défini par Blagoeva *et al.* (2019) et McMahon (2022) permet ainsi une meilleure traçabilité en raison notamment du cadre harmonisé à l'échelle internationale.

Les données relatives à la production et aux réserves de matières premières sont, sauf indication contraire, issues des *Mineral Commodity Summaries* de l'Institut d'études géologiques des États-Unis (*United States Geological Survey*, USGS).

Pour les étapes plus en aval de la chaîne de valeur, nous mobilisons les données de la Base pour l'Analyse du Commerce International (BACI, Gaulier et Zignago, 2010). L'analyse des échanges commerciaux des différents produits identifiés est en effet à même de fournir une vision assez précise des principaux acteurs et des interdépendances.

Il convient de noter que, face à l'impossibilité d'identifier les usages finaux pour les échanges de biens intermédiaires, nous considérons les flux « toute application confondue », c'est-à-dire pas uniquement à destination de l'industrie automobile. Le cadre ici proposé est donc général et porte sur les acteurs clés pour les différents produits.

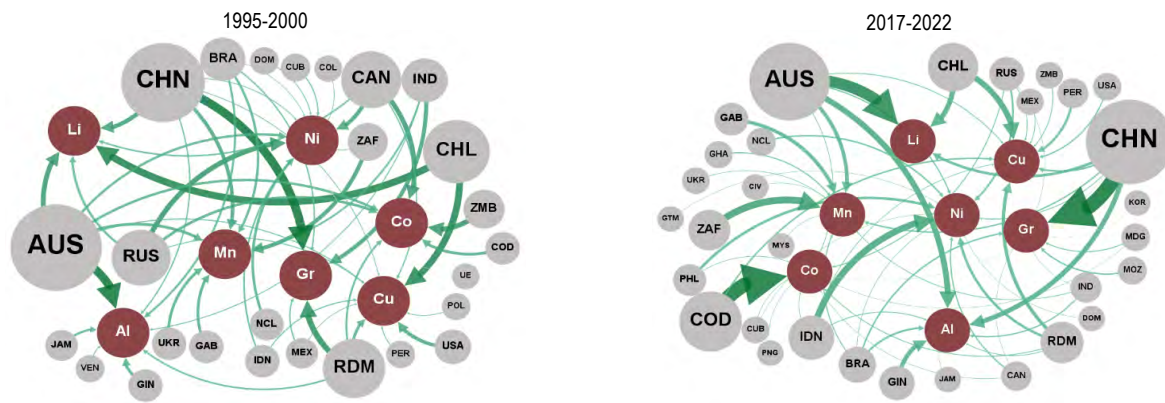
2049, année du centenaire de la fondation de la République populaire de Chine. Cet objectif de domination chinoise passe par « une bataille décisive pour l'industrie des métaux non-ferreux » – 13^e plan quinquennal (2016-2020) – visant non pas uniquement à sécuriser les approvisionnements de la Chine dans les minerais et métaux stratégiques qu'elle ne produit pas ou relativement peu, mais également à renforcer ses positions, mêmes dominantes. La Chine a ainsi développé une stratégie de grande ampleur pour établir un contrôle sur une part considérable des productions mondiales. Avec la politique du « *Go Global* » au début des années 2000 et le projet des nouvelles routes de la soie à compter de 2013, Pékin a favorisé l'internationalisation de ses entreprises par divers

la Chine a développé une stratégie de grande ampleur pour établir un contrôle sur une part considérable des productions mondiales

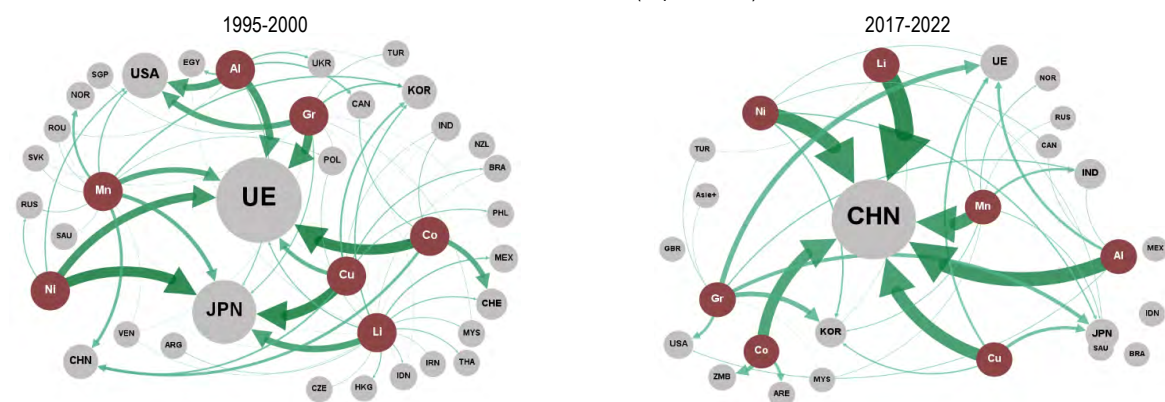
moyens : investissements directs à l'étranger, acquisitions et prises de participation dans des sociétés locales et/ou mondiales, lancement de nouveaux projets miniers, troc de projets d'infrastructures contre des matières premières, coentreprises, prêts, etc. Les exemples les plus significatifs sont sans doute ceux du lithium et du cobalt. Grâce à ses investissements massifs en Australie, mais aussi en Argentine

Graphique 5 – Production et flux commerciaux des minerais

5.a – Production



5.b – Flux commerciaux (importations)



Notes : Les minerais sont indiqués par les cercles ocres. « Al » : aluminium/bauxite ; « Co » : cobalt ; « Cu » : cuivre ; « Gr » : graphit naturel ; « Li » : lithium ; « Mn » : manganèse ; « Ni » : nickel. Les cercles gris contenant les codes ISO représentent les pays/groupe de pays. « AUS » : Australie ; « CHL » : Chili ; « CHN » : Chine ; « COD » : République démocratique du Congo ; « JPN » : Japon ; « UE » : Union européenne ; « USA » : États-Unis. Pour des raisons de lisibilité, seuls les principaux pays sont représentés. L'épaisseur des flèches renvoie à la part de marché du pays concerné. L'importance « globale » du pays (somme de toutes les parts de marché) est indiquée par la taille de son cercle.

Sources : Auteurs à partir des données de USGS (production) et BACI (importations).

et au Chili, la Chine exerce un contrôle sur environ 60 % de la production mondiale de lithium¹⁵. En RDC, elle contrôle un peu plus de la moitié de la production – officielle – de cobalt¹⁶.

Cette expansion considérable de la Chine s'est accompagnée d'une montée en puissance générale de ses capacités aussi bien sur l'amont que sur l'aval de la chaîne de valeur. C'est ce qu'illustre le graphique 5 présentant les évolutions des productions nationales et des importations des minerais,

(15) Citons par exemple l'acquisition de Talison Lithium par Tianqi Lithium Corp. (groupe Chengdu Tianqi) qui permet à cette dernière entreprise d'avoir une participation majoritaire dans la mine de Greenbushes (Australie), d'où sont extraits environ 40 % de la production mondiale de lithium. Mentionnons aussi la prise de participation à hauteur de 26 % de *Sociedad Química y Minera* (SQM) – société chilienne contrôlant environ la moitié de la production chilienne – par Tianqi et sa coentreprise avec Albemarle pour le développement du projet *Salar de la Isla* – deuxième plus grande réserve chilienne.

(16) Mentionnons notamment (I) la co-entreprise Sino-Congolaise des mines (Sicomines) – cas de troc infrastructures-accès aux matières premières – détenue à 68 % par des entreprises chinoises et leur permettant d'extraire jusqu'à 10 millions de tonnes de minerais de cuivre et 420 000 tonnes de cobalt (soit 12 % des réserves estimées de cobalt de la RDC) sur une période de 15 ans, (II) le partenariat signé avec la société d'État Gécamines détenant des parts dans tous les projets miniers du pays et (III) le contrôle de la mine de Tenke Fugurume. Voir Foreign Policy (2019) et Bonnet *et al.* (2022) pour plus de détails.

permettant ainsi une représentation des acteurs clés. Si le graphique 5.a témoigne d'une certaine inertie dans les productions¹⁷, c'est davantage le graphique 5.b qui interpelle en montrant la centralité de la Chine sur la période récente.

En effet, sur la période 1995-2000, la Chine apparaît comme un acteur périphérique mineur en important relativement peu de minerais ; c'est surtout l'UE, le Japon (JPN) et les États-Unis (USA) qui en sont les principaux importateurs. Cette propension reflétait la dynamique industrielle dans ces pays, tant sur l'amont que sur l'aval (raffinage, utilisation comme intrants) des chaînes de valeurs. Deux décennies plus tard, ces pays ont été relégués au second plan par une Chine dominante. Cette dernière importait – sur la période 2017-2022 – un peu plus de 86,5 % de la production mondiale de lithium, 70 % de la production de bauxite et de nickel, 62,6 % du manganèse et du cuivre mondial, ainsi que 53 % du cobalt.

(17) On notera cependant la montée en puissance de la RDC dans la production de cobalt, de la Chine dans la production de lithium et de l'Indonésie dans la production de nickel.

Cette transformation structurelle témoigne de l'efficacité des politiques chinoises quant à l'approvisionnement en minerais stratégiques mais aussi de la montée de l'empire du Milieu en puissance industrielle, particulièrement concernant ses capacités de raffinage (tableau 2). En effet, parallèlement à sa stratégie internationale de conquête des matériaux stratégiques, la Chine a renforcé depuis le début des années 2000 son poids dans les activités de raffinage à tel point qu'elle en est aujourd'hui l'acteur principal s'agissant des minerais et métaux stratégiques (voir Bonnet *et al.*, 2022). Pour ce qui est des batteries de véhicules électriques, la Chine transforme en moyenne 80 % des métaux présents dans ces technologies (CNCCEF, 2022).

Tableau 2 – Raffinage des minerais de batteries de véhicules électriques (en %)

	Chine	États-Unis	Union européenne
Cobalt	82	0	17
Graphite	100	0	0
Lithium	59	4	0
Manganèse	93	0	7
Nickel	65	1	13

Note : Données indisponibles pour les minerais non reportés.

Source : Benchmark Mineral Intelligence (2020).

Cette domination de la Chine sur les activités de raffinage lui confère un deuxième verrou stratégique de nature à conforter durablement son avance. En effet, au-delà des contraintes en amont relatives à l'approvisionnement en minerais et aux capacités industrielles, le raffinage est associé à d'importantes externalités environnementales que la Chine a accepté d'assumer. Bien qu'ayant des répercussions moins néfastes que celui des terres rares¹⁸, le raffinage des minerais et métaux contenus dans les batteries s'accompagne d'un coût écologique et environnemental considérable. Au mieux des technologies actuelles, deux sources d'externalités négatives sont à mentionner : (I) des émissions importantes de CO₂ eu égard au caractère extrêmement énergivore des étapes du raffinage (traitement, séparation, concentration) et (II) une pollution des sols et des eaux, voire des stress hydriques au niveau local. À titre illustratif, la production d'une tonne de lithium nécessiterait

(18) En parallèle des externalités environnementales liées à l'extraction des terres rares, les différentes étapes du raffinage sont extrêmement polluantes, pollution aggravée par la libération d'éléments radioactifs. L'exemple le plus parlant est celui de la mine de Bayan Obo en Mongolie-Intérieure dont les déchets présenteraient un niveau de radioactivité 32 fois supérieur à la normale – contre 14 à Tchernobyl (GEO).

parallèlement à sa stratégie internationale de conquête des matériaux stratégiques, la Chine a renforcé depuis le début des années 2000 son poids dans les activités de raffinage

un peu moins de 500 m³ d'eau (soit à peu près l'équivalent d'une piscine olympique pour la production de 5 tonnes) et rejetterait en moyenne 5 tonnes de CO₂ pour le lithium extrait des saumures (45 % de la production mondiale) et 15 tonnes de CO₂ pour le lithium extrait de roches dures (55 % de la production mondiale)¹⁹. Ces externalités négatives sont par ailleurs exacerbées par l'exploitation croissante de gisements à plus faible teneur, ce qui soulève également la question de la gestion des déchets – qui ne sont pas sans effet sur les écosystèmes.

L'hégémonie actuelle de la Chine sur l'amont de la chaîne de valeur reflète sa stratégie

jointe d'internationalisation – pour le contrôle des productions minières – et d'implantation d'entreprises étrangères sur son sol, permettant ainsi des transferts de compétences et de technologies. La Chine abrite aujourd'hui de nombreuses entreprises à portée internationale comme Ganfeng Lithium et Tianqi Lithium, respectivement première et troisième entreprise mondiale sur le marché du lithium (Bonnet *et al.* 2022), ou encore Zhejiang Huayou, premier producteur de cobalt au monde (Reuters, 2021).

Fortes de leurs avantages comparatifs sur l'amont, les entreprises chinoises ont entamé assez vite une descente de la chaîne de valeur. Le graphique 6 illustre à nouveau cette évolution

au-delà des contraintes en amont relatives à l'approvisionnement en minerais et aux capacités industrielles, le raffinage est associé à d'importantes externalités environnementales que la Chine a accepté d'assumer

la Chine apparaît – sur la période 2017-2022 – également dominante sur l'aval de la chaîne, particulièrement pour l'exportation des composants de cellules (58 %) et des batteries et composants de batteries lithium-ion

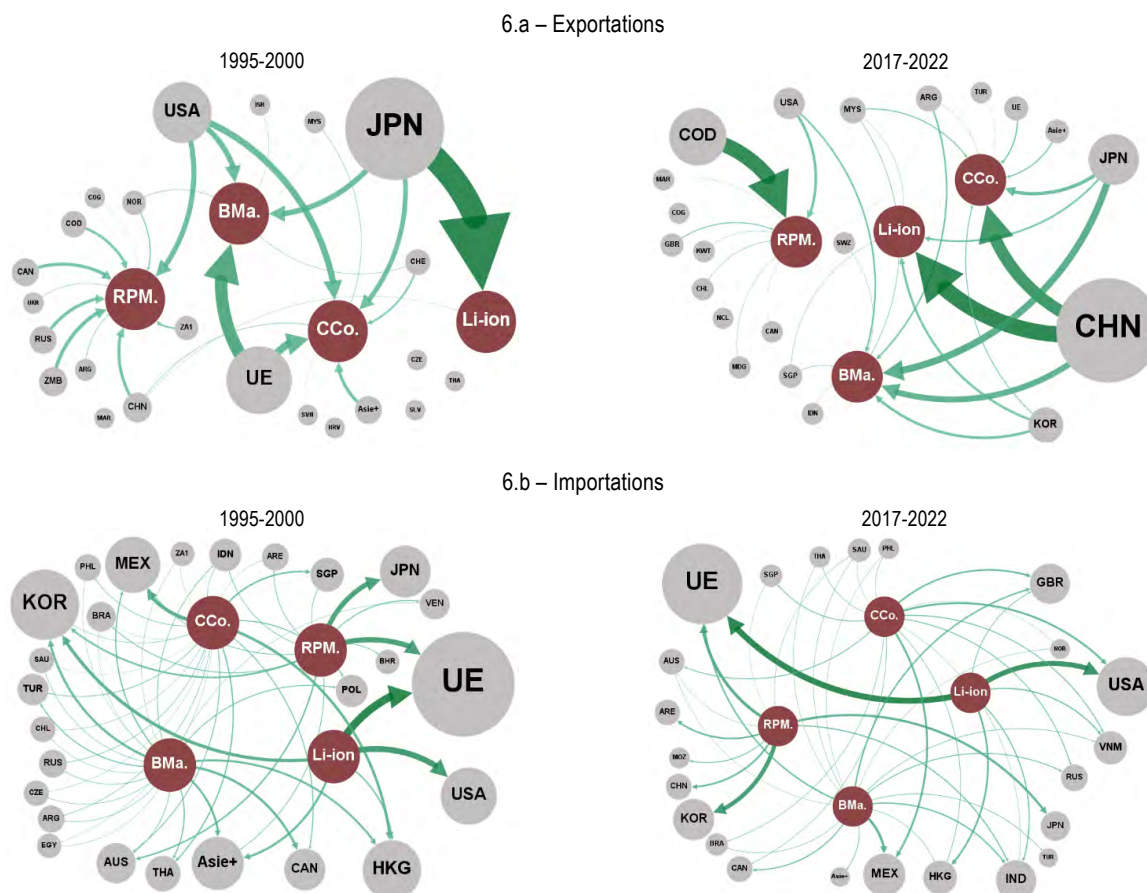
de la Chine qui apparaît – sur la période 2017-2022 – également dominante sur l'aval de la chaîne, particulièrement pour l'exportation des composants de cellules (58 %) et des batteries et composants de batteries lithium-ion (76 %)²⁰. Elle capte ainsi une très grande partie de la valeur ajoutée mondiale de la filière car ces éléments représentent plus de la moitié du coût d'une batterie. Selon Benchmark Mineral Intelligence (Els, 2020), elle a produit en 2019 (I) 83 % des anodes et 61 % des cathodes²¹ – représentant

(19) Dans le cas de l'extraction de lithium des saumures, il faut également noter une occupation significative des terres pour les bassins d'évaporation – un peu plus de 3 000 m²/tonne de lithium (voir Hache *et al.*, 2021).

(20) Plus en aval de la chaîne de valeur, rappelons que la Chine est en outre le principal marché pour les ventes de véhicules électriques qu'elle produit par ailleurs essentiellement sur son sol (voir Mayer *et al.*, 2024).

(21) Sur les cinq plus grandes entreprises de fabrication de chimies NMC, trois sont chinoises et représentent une part de marché cumulée de 31 % : Hunan ShanSan (12 %), Xiamen Tungsten (10 %) et L&F (9 %) (Sharova *et al.*, 2020).

Graphique 6 – Exportations et importations le long de la chaîne de valeur



Notes : Les flux commerciaux des différents produits sont regroupés par étapes de la chaîne de valeur indiquées par les cercles ocre. D'amont en aval de la chaîne de valeur, les regroupements sont les suivants : « RPM » : matériaux transformés et raffinés ; « BMa » : matériaux de batteries ; « CCo » : composants de cellules ; « Li-ion » : batteries et composants de batteries lithium-ion. Les cercles gris contenant les codes ISO représentent les pays/groupes de pays. « AUS » : Australie ; « COD » : République démocratique du Congo ; « CHN » : Chine ; « HKG » : Hong Kong ; « JPN » : Japon ; « KOR » : Corée ; « UE » : Union européenne ; « USA » : États-Unis. Pour des raisons de lisibilité, seuls les principaux pays sont représentés. L'épaisseur des flèches renvoie à la part de marché du pays concerné. L'importance « globale » du pays (somme de toutes les parts de marché) est indiquée par la taille de son cercle.

Sources : Auteurs à partir des données de BACI.

environ le quart du coût de production moyen d'une batterie lithium-ion – et (II) 73 % des cellules – environ 30 % du coût d'une batterie – fabriquées dans le monde.

Cette production significative sur le sol chinois reflète également l'implantation de nombreuses entreprises étrangères, notamment le géant sud-coréen LG (*Energy Solution*) qui y réalisait en 2019 environ 50 % de sa production (Lee, 2019). Toutefois, sur le segment plus spécifique des batteries pour véhicules électriques, les firmes chinoises dominent le marché mondial. En 2023, 52 % des ventes de batteries lithium-ion ont été réalisées par des entreprises chinoises, parmi lesquelles le leader mondial CATL (*Contemporary Amperex Technology Company Limited*) à hauteur de 30,6 % (voir graphique 7).

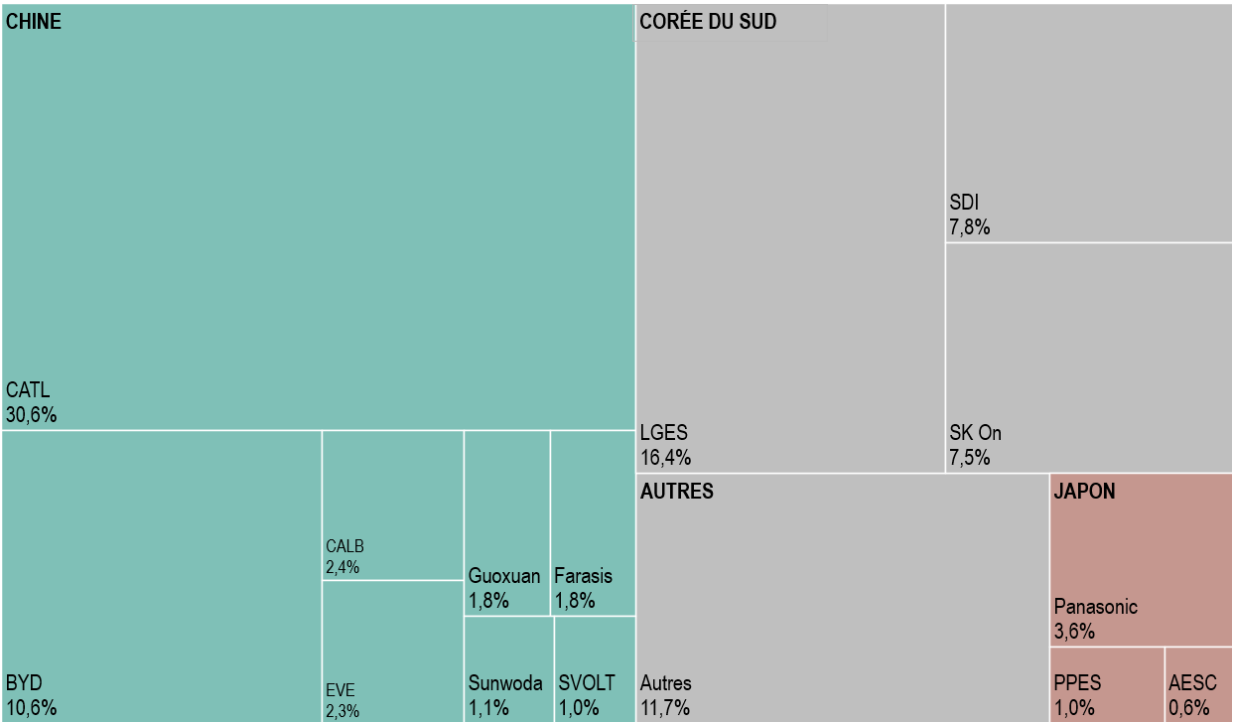
La Chine a ainsi rapidement éclipsé les principaux acteurs d'autrefois qu'étaient l'UE, les États-Unis, mais surtout le Japon qui exportait 97 % des batteries et composants de batteries sur

la période 1995-2000 (graphique 6.a). Ce dernier pays arrive aujourd'hui en troisième position derrière la Corée du Sud qui s'est hissée dans le classement des producteurs de batteries Li-ion grâce notamment à l'ascension rapide de LG depuis ses débuts en 1998.

À l'inverse de la dynamique de ces pays asiatiques, les États-Unis et l'UE sont aujourd'hui relégués au second plan, jouant un rôle très marginal dans la chaîne de valeur (graphique 6.a). Alors que ces deux puissances exportaient plus de 70 % des matériaux de batteries et environ 55 % des composants de cellules sur la période 1995-2000, les parts cumulées sont inférieures à 10 % sur la période récente²². Parmi les pays de l'UE, seuls la Pologne, la Hongrie et le Luxembourg sont aujourd'hui exportateurs nets de batteries

(22) Au-delà des parts elles-mêmes, rappelons que les exportations et importations de batteries étaient nettement plus faibles (en valeur) et/ou d'une autre nature au sens où elles ne concernaient pas les véhicules électriques.

Graphique 7 – Parts de marché (ventes en 2023) par fabricant de batteries lithium-ion pour véhicules électriques



Source : Auteurs à partir des données de SNE Research (2024).

Li-ion. Du côté des importations (graphique 6.b), en revanche, les États-Unis et l'UE (principalement l'Allemagne et la France) ont conservé leur place de principaux débouchés des batteries Li-ion et de leurs composants afin de permettre une production significative. Avec une présence bien moindre dans les étapes en aval génératrices de valeur ajoutée, cet effacement des États-Unis et de l'UE n'est pas sans conséquence pour leurs perspectives économiques compte tenu des enjeux associés à la chaîne de valeur des batteries Li-ion, et plus généralement à ceux relatifs à la transition énergétique.

Cet état des lieux montre à quel point la Chine est devenue un acteur incontournable dans toutes les étapes de la chaîne de valeur, des minerais aux batteries, de telle sorte que les pays européens – à l'instar de nombreux autres – en sont aujourd'hui très fortement dépendants, notamment pour les batteries Li-ion. Face à ce constat, quelles pistes s'offrent à l'UE pour s'extraire de la dépendance chinoise afin de limiter les risques de pénuries d'approvisionnement et ne pas freiner sa transition énergétique ?

la Chine est devenue un acteur incontournable dans toutes les étapes de la chaîne de valeur, des minerais aux batteries, de telle sorte que les pays européens – à l'instar de nombreux autres – en sont aujourd'hui très fortement dépendants, notamment pour les batteries Li-ion

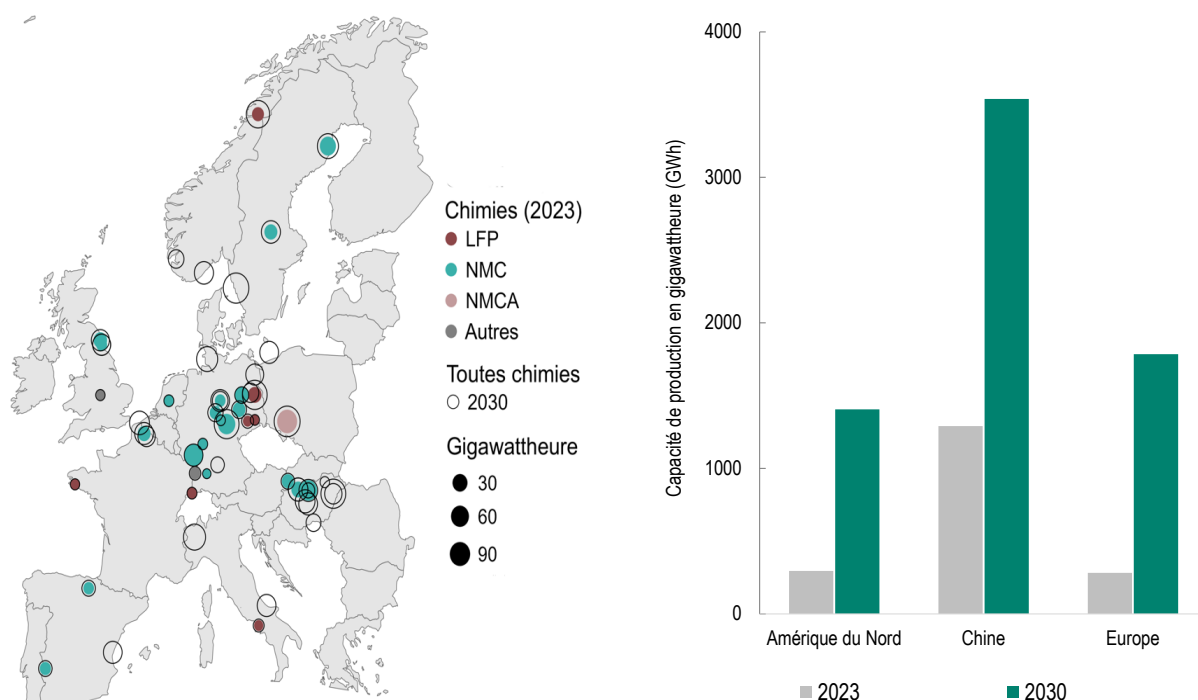
4. Quelles perspectives pour l'Union européenne ?

L'importance de l'UE sur la chaîne de valeur des batteries Li-ion s'est considérablement affaiblie. En 2023, seulement 14 % de ces batteries sont produites sur le sol européen et avec une concentration importante dans quelques pays comme l'Allemagne, la Hongrie, la Pologne et la Suède (Ratel consulting LLC).

Avec une capacité de production de 281,9 gigawattheures (GWh) en 2023, l'Europe talonne les capacités nord-américaines (295,3 GWh) mais apparaît modeste par rapport à la Chine qui affichait une capacité de production de 1290,2 GWh (soit 4,57 fois les capacités européennes). Toutefois, à l'instar de la production des minerais, la localisation des unités de production biaise la mesure réelle des capacités européennes. Ainsi, bien qu'implantées sur le sol européen, la plupart des unités de production sont des ramifications d'entreprises extra-européennes. Plus de la moitié de la production européenne est en effet rattachée à des entreprises sud-coréennes ou chinoises telles Samsung SSI, LGES ou encore CATL²³. Des

(23) Ces trois entreprises représentent plus de 41,5 % de la production de batteries en Europe.

Graphique 8 – Évolution et localisation des capacités européennes de production de batteries Li-ion



Source : Auteurs à partir des données de Ratel consulting (2023).

entreprises américaines (e.g., Tesla, Microvast) sont aussi présentes sur le sol européen, portant à plus de 60 % la part de la production imputable à des entreprises extra-européennes.

plus de la moitié de la production européenne est attachée à des entreprises sud-coréennes ou chinoises

Bien que pouvant être jugée tardive, la prise de conscience de l'Europe quant à son retard – et les dépendances qui en découlent – est significative. La réaction européenne est tout aussi notable avec une double dimension.

Le premier volet de la réponse européenne est industriel. À l'horizon 2030, les projets annoncés multiplieraient les capacités de production européennes par 6 (graphique 8). Avec à terme 1784,9 GWh, l'Europe afficherait une capacité de production supérieure de 27 % aux capacités nord-américaines et réduirait significativement l'écart avec la Chine. Les industriels européens tels que Volkswagen, Northvolt ou encore FREYR, en première ligne, devraient gagner en importance, faisant ainsi reculer la part des entreprises étrangères à 46,2 %. Des initiatives récentes ou nouvelles devraient également éclore, à l'image de l'Automotive Cell Company (ACC) qui affiche une capacité de production de 48 GWh en 2023.

Le second volet du plan d'action européen est institutionnel et a une portée plus large que le seul secteur des batteries Li-ion. En effet, l'UE s'est attelée à mettre en place de multiples actions et règlements portant sur l'ensemble de la chaîne de valeur, l'objectif étant de s'extraire de ses dépendances

– notamment à la Chine – tout en retrouvant une importance significative sur le plan mondial. C'est dans cette logique que la liste des matériaux critiques – établie initialement en 2011 par la Commission européenne – est passée de 14 matières premières à 34 aujourd'hui. Dans la continuité de cette liste, l'UE a adopté le CRMA (règlement européen sur les matières premières critiques, *Critical Raw Materials Act*), publié en mars 2023 et voté en avril 2024, qui propose « un ensemble complet de mesures afin de garantir l'accès de l'UE à un approvisionnement sûr, diversifié, abordable et durable en matières premières critiques ». Ce règlement a vocation à réduire la dépendance aux fournisseurs étrangers, en particulier la Chine, à éviter les pénuries potentielles et à minimiser les impacts environnementaux et sociaux de la production de métaux critiques. Pour cela, il énonce les objectifs non contraignants suivants pour 2030 : « l'extraction dans l'UE doit permettre de produire au moins 10 % de sa consommation annuelle ; la transformation opérée dans l'UE doit permettre de produire au moins 40 % de sa consommation annuelle ; le recyclage effectué dans l'UE doit permettre de produire au moins 25 % de sa consommation annuelle ; pas plus de 65 % de la consommation annuelle de l'Union de chaque matière première stratégique à n'importe quel stade de transformation pertinent ne doit provenir d'un seul pays tiers ».

à l'horizon 2030, les projets annoncés multiplieraient les capacités de production européennes par 6

Encadré 3 – Emili : un « projet d'intérêt national majeur » d'ouverture de mine de lithium qui fait débat

Le projet Emili, pour « Exploitation de Mica Lithinière par Imerys », annoncé par la société Imerys en octobre 2022, consiste en l'exploitation d'un gisement de lithium sur un site déjà existant de production de kaolin (site de Beauvoir) dans l'Allier. L'objectif affiché est de produire, à compter de 2028, un volume de lithium permettant d'équiper 700 000 véhicules électriques par an pendant au moins vingt-cinq ans, tout en minimisant les impacts environnementaux. À cette fin, il est prévu d'extraire chaque année 2,1 millions de tonnes de granite, riche en lithium, et de répartir l'activité sur trois sites localisés dans le même département : (I) Échassières pour l'extraction, (II) Saint-Bonnet-de-Rochefort où se situerait la plateforme de chargement et (III) Saint-Victor où serait implantée l'usine de conversion pour l'activité de raffinage permettant de transformer le mica – minerai contenant le lithium – en hydroxyde de lithium. Par décret publié le 7 juillet au *Journal officiel*, Emili a rejoint la

liste des « projets d'intérêt national majeur », synonyme de facilitations administratives afin d'accélérer les procédures d'implantation.

S'il est soutenu par le gouvernement, si les élus locaux y voient une opportunité de créer des emplois et si Imerys s'engage à minimiser les impacts environnementaux, le projet Emili suscite en revanche des réticences et inquiétudes d'une grande partie de la population. Celles-ci concernent principalement quatre aspects : (I) une forte augmentation de la consommation en eau alors même que la population peut être frappée par des restrictions – notamment en période estivale, (II) des craintes de pollution des eaux souterraines, (III) la gestion des déchets et (IV) la destination et l'utilisation du lithium extrait – la question étant notamment de savoir si celui-ci sera utilisé pour équiper des SUV électriques fortement polluants.

À bien des égards, ces objectifs formulés dans le CRMA apparaissent ambitieux²⁴. C'est tout particulièrement le cas de

*le CRMA a
vocation à réduire
la dépendance
aux fournisseurs
étrangers, en
particulier la
Chine*

l'extraction des minerais dans l'UE. Malgré le potentiel sous-exploité du sous-sol européen, l'objectif de 10 % de production sur le territoire européen semble hors d'atteinte pour trois raisons principales (Capliez *et al.*, 2024). Tout d'abord, les réserves en métaux de l'Europe sont insuffisantes et même inexistantes pour 13 métaux critiques listés par la Commission européenne en 2023. Ensuite, le processus entre l'exploration initiale et

le début de la production commerciale d'une mine est long, allant de 7 ans pour le lithium à 17 ans pour le cuivre, et nécessite des investissements financiers considérables. Enfin, les mines ont une image négative et passéiste, suscitant souvent une forte opposition locale (encadré 3). Il est en conséquence crucial de garantir des pratiques d'exploitation responsables pour limiter les impacts environnementaux, un point central discuté en France lors de la Commission nationale du débat public sur le lithium en mars 2024²⁵.

Les objectifs relatifs au raffinage et à la transformation interrogent également. En effet, ces activités sont très énergivores et polluantes, et nécessitent d'accepter leur relocalisation en Europe afin de parvenir à l'objectif affiché de l'UE de production d'au moins 40 % de sa consommation annuelle via ces procédés. Des prix de l'énergie très compétitifs seront en outre essentiels pour rivaliser avec les États-Unis – en plus de la Chine –, qui bénéficient d'abondantes réserves de gaz non

conventionnel et d'un prix de l'électricité relativement bas. Le recyclage, bien que moins polluant localement et *a priori* plus acceptable, demande en revanche des investissements lourds. Il pourrait réduire la dépendance aux ressources minières, mais nécessite des infrastructures coûteuses pour la collecte, le tri, le pré-traitement et la transformation des minerais, ainsi qu'une adaptation technologique constante – en particulier aux chimies des batteries des véhicules électriques (Hache et Normand, 2024).

L'UE essaie également de diversifier ses partenariats pour réduire la dépendance aux pays tiers et les risques de ruptures. Des accords bilatéraux récents avec le Kazakhstan, l'Égypte, la Namibie, l'Australie et le Canada visent à sécuriser l'approvisionnement de certaines matières premières critiques. Toutefois, ces accords ne suffiront pas, rendant nécessaire un budget européen dédié aux investissements dans les pays tiers et une diversification des approvisionnements imposée aux entreprises (Hache et Normand, 2024). La stratégie de « *friendshoring* » (partenariats avec des pays alliés) est souvent évoquée, mais présente des difficultés. Les pays occidentaux, avec des objectifs similaires de neutralité carbone

*l'objectif de 10 %
de production
sur le territoire
européen semble
hors d'atteinte*

et de décarbonation des transports et de l'énergie, sont en concurrence pour les technologies bas-carbone et les matériaux nécessaires à leur déploiement. Cette concurrence pourrait révéler des conflits d'intérêts et freiner la signature d'accords.

En parallèle de ces accords bilatéraux, l'ERMA (Alliance européenne pour les matières premières) a été lancée par la Commission européenne afin de ne plus dépendre à plus de 65 % d'un seul pays tiers. L'atteinte d'un tel

*le recyclage, bien
que moins polluant
localement et a priori
plus acceptable,
demande en revanche
des investissements
lourds*

(24) Voir Capliez *et al.* (2024) pour plus de détails.

(25) Sur les aspects environnementaux, mentionnons aussi que le Gouvernement français a conditionné, depuis 2024, l'octroi du bonus écologique pour l'achat de véhicules électriques au respect d'un score prenant en compte leur impact environnemental depuis leur fabrication jusqu'à leur utilisation sur la route.

pourcentage paraît cependant difficile dans la mesure où l'UE dépend exclusivement de la Chine pour les terres rares, de

l'Alliance européenne des batteries vise à développer un avantage comparatif dans l'empreinte environnementale de ses batteries

la Turquie pour le bore et du Brésil pour le niobium. S'agissant plus spécifiquement des métaux entrant dans la composition des batteries, environ 68 % du cobalt brut importé par l'Europe provient de la RDC, 87 % du lithium de l'Australie, 79 % du lithium raffiné du Chili, 41 % du manganèse d'Afrique du Sud et 40 % du graphite naturel de la

Chine (Cour des comptes européenne, 2023).

L'UE cherche également à remonter la chaîne de valeur, ainsi que l'illustre l'instauration de l'Alliance européenne des batteries en 2017, afin d'essayer de conserver autant de créations de valeur que possible dans le secteur automobile. Ce projet vise à créer en Europe un écosystème comprenant tous les acteurs de la chaîne de valeur automobile, tant européens qu'étrangers, afin de concevoir et produire des batteries en mettant l'accent sur la dimension environnementale. Il s'agit ici pour la Commission européenne de développer un avantage comparatif dans l'empreinte environnementale de ses batteries. Les minerais présents dans ces dernières pourraient être réutilisés afin de subvenir aux besoins de l'Europe sans pour autant posséder de mines sur son sol²⁶. Fin 2020, ce sont plus de 500 acteurs industriels et du secteur de la recherche qui avaient rejoint ce réseau et qui ont permis de déboucher sur une quinzaine de projets d'usines de batteries Li-ion et une dizaine d'autres annoncés (Bonnet *et al.*, 2020). Si tous les projets aboutissent, l'UE serait dotée en 2030 d'une capacité de près de 25 % de la production mondiale de batteries Li-ion grâce à une cinquantaine d'usines.

Conclusion

Avec les objectifs de neutralité carbone, de nombreux secteurs industriels font face à des bouleversements profonds. Parmi ces derniers, le secteur de la mobilité peut être considéré comme un des épicentres de la révolution industrielle à venir mais dont les prémices sont déjà visibles. Avec environ 21 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre, le secteur des transports joue, parallèlement à celui de la production d'énergie, un rôle clé dans la lutte contre le réchauffement climatique. La décarbonation de la mobilité constitue un levier majeur, faisant de l'électrification des transports, et tout particulièrement du secteur des batteries, un des secteurs

les plus stratégiques. Les enjeux sont d'autant plus cruciaux que, si le secteur des batteries Li-ion a connu une croissance fulgurante au cours de la décennie passée, elle a surtout profité aux acteurs asiatiques, en particulier à la Chine.

La Chine domine en effet l'ensemble de la chaîne de valeur des batteries Li-ion, de l'amont où elle a une main mise sur l'extraction des matières premières et la production des métaux, à l'aval où les entreprises chinoises sont au cœur de la fabrication des batteries. Cette position dominante reflète une politique volontariste mise en place depuis plus de deux décennies, alliant internationalisation des entreprises chinoises pour la sécurisation des matières premières (Go Global) et implantation de firmes étrangères sur son sol pour développer des avantages comparatifs sur l'ensemble de la chaîne de valeur.

Consciente de ses dépendances, l'Europe est fermement résolue à rattraper son retard. Sur le plan industriel, de nombreuses initiatives ont été mises en place afin d'accroître

les capacités de production locales des batteries et ainsi positionner l'Europe dans la compétition mondiale. Le volet industriel est en parallèle couplé à un nouveau cadre institutionnel, le règlement européen sur les matières premières critiques (CRMA), définissant entre autres des objectifs en termes d'exposition aux fournisseurs étrangers et d'impacts environnementaux.

la Chine domine l'ensemble de la chaîne de valeur des batteries Li-ion, de l'amont où elle a une main mise sur l'extraction des matières premières et la production des métaux, à l'aval où les entreprises chinoises sont au cœur de la fabrication des batteries

Au-delà du CRMA, la sobriété, grande absente du « paquet institutionnel », fait son chemin dans la société européenne. Mise en avant comme un levier central dans la lutte contre le réchauffement climatique par le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2022), la sobriété apparaît essentielle pour réduire la dépendance aux matériaux critiques. En limitant la demande de métaux, l'UE pourrait diminuer sa dépendance à la Chine. Des initiatives comme alléger le poids des véhicules électriques, réduire le jetable, légiférer sur l'obsolescence programmée et afficher le contenu en métaux des produits mis en vente contribueraient à cet effort. L'UE pourrait donner l'exemple en promouvant des véhicules électriques plus légers, réduisant ainsi la consommation d'électricité et les impacts environnementaux liés à la production (Hache et Normand, 2024). La sobriété

le secteur de la mobilité peut être considéré comme un des épicentres de la révolution industrielle à venir mais dont les prémices sont déjà visibles

(26) On parle de « mines ouvertes ». Le cobalt recyclé dans l'UE permet déjà de satisfaire 22 % de la demande européenne (Bonnet *et al.*, 2020).

a naturellement une portée mondiale car elle permettrait de relâcher la pression sur les ressources en eau, notamment dans les régions de production déjà soumises à un stress hydrique conséquent.

Atteindre les objectifs du CRMA nécessitera des efforts considérables en matière d'acceptation sociale, de financement et de diversification

*la sobriété apparaît
essentielle
pour réduire la
dépendance aux
matériaux critiques*

des approvisionnements. Si la sobriété métaux fait partie intégrante d'une stratégie durable et autonome pour l'UE en termes de matériaux critiques, elle devra être accompagnée d'un soutien important aux citoyens, qui ne perçoivent généralement pas la notion de « bas-carbone » comme impliquant une réduction de leur consommation de métaux.

References

AIE (2021). [The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions](#), mai.

AIE (2024a). [Clean Energy Market Monitor](#), mars.

AIE (2024b). [Global Critical Minerals Outlook 2024](#), mai.

Blagoeva, D., Pavel, C., Wittmer, D., Huisman, J. & Pasimeni, F. (2019). Materials Dependencies for Dual-Use Technologies Relevant to Europe's Defence Sector, *Publications Office of the European Union, JRC Technical Reports*, KJ-1A-29889-EN-N (online).

BloombergNEF (2023). [Electric Vehicle Outlook 2023](#).

BloombergNEF (2024). [Energy Transition Investment Trends 2024](#).

Bonnet, C., Copinschi, P., Hafner, M. & Laboué, P. (2020). L'alliance européenne des batteries : Enjeux et perspectives européennes, *Rapport 6*, Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques.

Bonnet, T., Grekou, C., Hache, E. & Mignon, V. (2022). Métaux stratégiques : la clairvoyance chinoise, *La Lettre du CEPII*, n° 428.

Capliez, R., Grekou, C., Hache, E. & Mignon, V. (2024). « Matières premières critiques : vers l'autonomie stratégique européenne ? », *L'Économie mondiale 2025*, Repères, La Découverte.

CNCCEF (2022). La Chine hors les murs, *Lettre n° 46*, CNCCEF.

Cour des comptes européenne (2023). La politique industrielle de l'UE en matière de batteries. Un nouvel élan stratégique est nécessaire, *Rapport spécial*, n° 15.

Els, F. (2020). CHART: China's Stranglehold on Electric Car Battery Supply Chain, *Mining.com*, 16 avril.

Foreign Policy (2019). Mining the Future: How China Is Set to Dominate the Next Industrial Revolution, *FP Analytics Special Reports*, mai.

Gaulier, G. & Zignago, S. (2010). BACI: International Trade Database at the Product-Level. The 1994-2007 Version, *CEPII Working Paper*, n° 23.

GIEC (2022). « Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change », *Contribution au sixième rapport d'évaluation du GIEC*.

Hache, E., Barnet, C. & Seck, G. (2021). Le lithium dans la transition énergétique : au-delà de la question des ressources ? *IFPEN*, n° 4, février.

Hache, E. & Normand, E. (2024). L'heure des choix pour la politique européenne sur les matériaux critiques, *L'Économie politique*, n° 101, 52-62.

Lee, S. (2019). 50 % of LG Chem's Batteries Made in China, *The Elec*, 6 novembre.

Mathieu, C. (2021). Green Batteries: A Competitive Advantage for Europe's Electric Vehicle Value Chain?, *Ifri, Études de l'Ifri*, avril.

Mayer, T., Vicard, V. & Wibaux, P. (2024). Will Chinese Auto Export Boom Transform into Local Production in Europe?, *CEPII Policy Brief*, n°45.

McMahon, K. S. (2022). Trade Codes Related to the Lithium-Ion Battery Supply Chain for the United States, the European Union, and the People's Republic of China (2020-2021), *U.S. Geological Survey*.

Ratel Consulting (2023). Global Battery Factory Database, *Ratel Consulting LLC*, janvier.

Reuters (2021). China's Huayou buys lithium mine in Zimbabwe for \$422 mln, *Reuters*, 22 décembre.

Sharova, V., Wolff, P., Konersmann, B., Ferstl, F., Stanek, R. & Hackmann, M. (2020). Evaluation of Lithium-Ion Battery Cell Value Chain, *Hans-Böckler-Stiftung, Working Paper Forschungsförderung*, n° 168.

United States Geological Survey (2024). [Mineral Commodity Summaries 2024](#), *USGS Publications Warehouse*.

WWF (2023). Métaux critiques : l'impasse des SUV. Quel scénario pour réussir la transition de nos mobilités ?, *Rapport en collaboration avec l'Institut Mobilités en Transition*.

À propos des auteurs

Romain Capliez est étudiant en master Économie appliquée à l'université Paris Nanterre et était stagiaire au CEPII au moment de la rédaction de ce *Policy Brief*.

Carl Grekou est économiste au CEPII.

Emmanuel Hache est adjoint scientifique et économiste-prospectiviste à IFP Energies nouvelles, chercheur associé à EconomiX et directeur de recherche à l'IRIS.

Valérie Mignon est professeure à l'université Paris Nanterre, chercheuse à EconomiX et conseillère scientifique au CEPII.

Contact : romain.capliez@parisnanterre.fr – carl.grekou@cepii.fr – emmanuel.hache@ifpen.fr – valerie.mignon@parisnanterre.fr

Policy Brief CEPII

© CEPII, PARIS, 2024

Centre d'études prospectives
et d'informations internationales
20, avenue de Ségur
TSA 10726
75334 Paris Cedex 07

contact@cepii.fr
www.cepii.fr – [@CEPII_Paris](https://twitter.com/CEPII_Paris)
Contact presse : presse@cepii.fr

CEPII Policy Brief

Les réflexions du CEPII sur la politique
économique internationale

Le CEPII (Centre d'Études Prospectives
et d'Informations Internationales) est le
principal centre français d'étude et de
recherche en économie internationale.
Les analyses et études du Centre
contribuent au débat public et à la
formulation des politiques économiques
en matière de politique commerciale,
compétitivité, macroéconomie, finance
internationale et croissance.

RÉDACTEUR EN CHEF :
VINCENT VICARD

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :
ANTOINE BOUËT

RÉALISATION :
LAURE BOIVIN

ISSN 2270-258X

Octobre 2024

Pour s'inscrire à
La Newsletter du CEPII :
www.cepii.fr/Resterinforme

Tous droits réservés. Les opinions exprimées
dans cette publication sont celles de l'auteur
ou des auteurs uniquement.

RECHERCHE ET EXPERTISE
SUR L'ÉCONOMIE MONDIALE

