**Derrière la voiture électrique, la course aux matériaux critiques**

Cobalt, lithium, cuivre, nickel, terres rares… Le chemin de la mine à la batterie lithium-ion n’est pas forcément plus vert que celui qui mène du puits de pétrole au réservoir.

Lorsque l’on pense moteur électrique, on pense d’abord aux terres rares, extraites à 80 % en [Chine](https://www.usinenouvelle.com/chine/), loin des normes européennes. "*Il y a toujours du thorium radioactif dans les minerais de terres rares,*explique le consultant Christian Hocquard. *C’est ce qui a motivé Rhodia [devenu Solvay], qui ne pouvait plus le traiter en France, à délocaliser sa production en Chine.*" Malgré leur rôle dans les conflits géo-économiques de la Chine, "*il n’y a jamais eu de pénurie physique de terres rares, rappelle cet ancien géologue du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM). Il y a mille ans de ressources, au rythme actuel de consommation*". Néanmoins, "*on s’attend à des prix haussiers, surtout sur le néodyme, à l’horizon 2025, car la demande en aimants permanents va augmenter de manière considérable*" et la Chine a le monopole (90 %) de leur production.

Les constructeurs automobiles cherchent donc à réduire leur dépendance, à l’instar de [Toyota](https://www.usinenouvelle.com/toyota/), qui a remplacé en partie le néodyme des aimants de son moteur électrique par du cérium et du lanthane, plus courants. Et de [Renault](https://www.usinenouvelle.com/renault/), qui a préféré, pour sa Zoé, un rotor à cuivre bobiné, plus encombrant mais sans terres rares. On retrouve en revanche des aimants permanents, qui contiennent 30 % de terres rares, dans tous les micromoteurs, des ventilateurs aux lève-vitres.

À raison de plusieurs kilomètres de bobinage de cuivre dans leurs moteurs, les véhicules électriques consomment trois à neuf fois plus de ce métal que leurs homologues thermiques. Ce qui ne devrait pas poser de problème au vu du rythme historique d’évolution des réserves, assure Emmanuel Hache, chercheur économiste à l’IFP Énergies nouvelles (Ifpen). Le nickel, dont seulement 6 % de la production mondiale est destinée aux batteries (contre 70 % à l’inox), connaît des hausses sporadiques fondées sur l’espoir que le véhicule électrique résorbe le surplus mondial, mais retombe faute d’essor de la demande. Un goulot d’étranglement menace tout de même le sulfate de nickel, la forme utilisée dans les batteries, nerf de la guerre du véhicule électrique. Andreas Wendt, le directeur des achats de [BMW](https://www.usinenouvelle.com/bmw/), rappelait en juin, lors du World materials forum (WMF) à Nancy, que "*80 % de leur coût proviennent des matières premières*".

Une cellule de batterie est composée d’une cathode (électrode positive) composée d’oxydes métalliques et d’une anode (électrode négative) en graphite, entre lesquelles se déplacent dans un électrolyte des ions de lithium dont les électrons, circulant à l’extérieur, fournissent l’électricité à l’appareil. La cathode pèse 60 à 80 % du coût matières d’une batterie. Les premières étaient en oxyde de cobalt. Dans les laboratoires, on travaille sur la substitution de ce métal cher et extrait à plus de 65 % en République démocratique du Congo (RDC), avec une traçabilité réduite (10 % de la production est artisanale) et un recours au travail des enfants. Le risque géopolitique est aussi prégnant. Mais dans l’industrie, la cathode reste composée d’oxydes mixtes (nickel, cobalt et manganèse ou aluminium). "*Il y a une tendance de réduction de l’utilisation de cobalt*", confirme Michael Baier, le vice-président de [BASF](https://www.usinenouvelle.com/basf/). De son premier ­roadster, en 2008, à la Model 3, Tesla a réduit de 59 % la masse de cobalt par véhicule, selon Benchmark Mineral Intelligence. Mais en renonçant au moteur linéaire à induction pour sa Model 3, le constructeur américain revient aux moteurs à aimants néodyme-fer-bore. Donc aux terres rares.

Baisse de la criticité du graphite

Contrairement au nickel, le cobalt est déjà un matériau de la chimie, dont le cours est lié aux batteries puisqu’il est transformé à 54 % en sulfate. Son prix a triplé entre 2016 et 2017, avant de s’effondrer en 2018. "*Si l’on regarde les projections en nombre de véhicules électriques et en capacité de l’industrie à répondre à la demande, l’excitation des deux dernières années n’a plus forcément lieu d’être d’ici à 2025,*commente Raphaël Danino-Perraud, doctorant en économie à l’université d’Orléans, qui travaille sur la chaîne de valeur du cobalt et du lithium. *Personne n’avait pris en compte les entrées en production prévues entre 2019 et 2025. La criticité du cobalt est moyenne à cet horizon.*" Sauf si [Glencore](https://www.usinenouvelle.com/glencore/%22%20%5Co%20%22News%20de%20la%20%20compagnie%20de%20n%C3%A9goce%20et%20courtage%20Glencore%20sur%20L%27Usine%20Nouvelle%22%20%5Ct%20%22) et China Molybdenum abaissent brutalement la production en RDC, où les deux principales mines de ce métal ne sont plus rentables.

L’anode est généralement composée de graphite synthétique ou naturel, dont 630 000 des 930 000 tonnes extraites annuellement le sont en Chine, selon l’USGS, l’institut d’études géologiques des États-Unis. Le BRGM considère un risque moyen sur le graphite et l’étude menée par le WMF, le BRGM, CRU Group et McKinsey en a abaissé la criticité entre 2018 et 2019. En France, [Imerys](https://www.usinenouvelle.com/imerys/%22%20%5Co%20%22Imerys%20%3A%20News%20et%20actus%20du%20leader%20des%20min%C3%A9raux%20industriels%20-%20L%27Usine%20Nouvelle%22%20%5Ct%20%22) a mis en place un programme pluriannuel d’investissements pour accompagner la croissance des batteries lithium-ion avant de placer sous cocon sa production de graphite naturel en Namibie et de se recentrer sur le graphite synthétique.

Le lithium n’est pas tout blanc

S’il n’est pas jugé critique par la Commission européenne, le lithium n’est pas exempt de questions pour autant. Dans un scénario 2 °C de réchauffement maintenant une forte mobilité, Emmanuel Hache et ses coauteurs du projet Generate (Ifpen-Iris-ANR) calculent son ratio de criticité à 54 %. Son extraction des salars du triangle Argentine-Bolivie-Chili requiert l’évaporation de la saumure, dans une région à faible ressource hydrique. Raison pour laquelle [Eramet](https://www.usinenouvelle.com/eramet/%22%20%5Co%20%22Eramet%20%3A%20Informations%20sur%20le%20groupe%20minier%20et%20m%C3%A9tallurgique%20fran%C3%A7ais%22%20%5Ct%20%22) a développé pour son gisement argentin et testé sur les eaux hydrothermales alsaciennes un procédé d’extraction en boucle, sans évaporation fatale. Le projet EuGeLi (European geothermal brines lithium), qui réunit entre autres Eramet et BASF, ambitionne de fournir le lithium des futures batteries de [PSA](https://www.usinenouvelle.com/psa/). Morgan Stanley projette une baisse des prix de 30 % d’ici à 2025 sur un marché en surplus.

Composants méconnus bien que critiques de la batterie, les séparateurs sont des films polymères microporeux supprimant le contact entre les électrodes. À Gardanne (Bouches-du-Rhône), Alteo produit à partir de la bauxite – avec l’historique que l’on sait de rejets en Méditerranée – des alumines de spécialité pour le traitement de surface des séparateurs. Ces couches fines évitent le court-circuit par réduction de la formation de dendrites. Et "*lorsqu’elles sont placées entre les cellules, nos alumines favorisent la dissipation de chaleur, pour limiter le risque d’explosion"*, explique Frédéric Ramé, le président d’Alteo. Le risque de pénurie est nul, au vu des faibles volumes. Mais le taux de croissance du marché oscille "*entre deux et trois chiffres*", reconnaît le dirigeant.

Le marché global des matériaux pour batteries lithium-ion pourrait atteindre plus de 26 milliards de dollars en 2025 (contre 7,45 milliards en 2017), avec une demande dominée par l’automobile (48 % fin 2025) et l’électronique. En parts de marché, la Chine contrôle 75 % du volume des matériaux des cathodes, 63 % de ceux des anodes, 75 % des électrolytes et 40 % des séparateurs. On peut espérer qu’un jour, la hausse du prix du carbone corrélera leurs cours à leur empreinte écologique plutôt qu’aux mouvements de panique du marché.