



**COBALT
INSTITUTE**
enabling technology, advancing society

BloombergNEF

Cobalt 2050: Libérer le potentiel pour un avenir « zéro net »

8 Octobre 2024

CONTENTS

Section 1: 10 faits marquants	01
Section 2: Aperçu du marché du cobalt : la croissance reste soutenue	02
Section 3: La demande : tous les secteurs clés stimuleront la croissance	03
3.1. Demande de batteries	05
3.2. Demande industrielle	13
3.3. Scénario « zéro net » pour les batteries et le cobalt	20
Section 4: Marché du cobalt en 2050 : investissements et politiques nécessaires pour libérer le potentiel du cobalt	22

1. 10 FAITS MARQUANTS

1. Le cobalt est indispensable pour que le monde parvienne au « zéro net » d'ici 2050, en raison de son utilisation dans les batteries des véhicules électriques (VE) et de son rôle en tant que catalyseur des nouvelles technologies. Des secteurs clés – les VE, l'aérospatiale, la défense et l'électronique grand public – affichent une croissance significative de la demande de cobalt d'ici à 2050.

2. Malgré les vents contraires actuels du marché, le marché des VE reste solide et la croissance se poursuit, bien qu'à des niveaux inférieurs à ceux du début de l'adoption. Au cours des quatre prochaines années, les ventes de véhicules électriques de tourisme augmenteront en moyenne de 21 % par an, en s'appuyant sur la croissance initiale rapide qui a caractérisé les débuts du secteur des VE.

3. Les batteries utilisées dans les VE remplaceront 23 millions de barils de pétrole par jour (Mb/j) d'ici à 2040, ce qui permettra d'éviter 2,7 gigatonnes (Gt) d'émissions de CO₂ la même année.

4. La demande mondiale annuelle de cobalt pour les batteries sera multipliée par plus de trois entre 2020 et 2050, pour atteindre 250 kilotonnes d'ici à 2050. Cette évolution sera motivée par les engagements pris au niveau mondial en vue d'atteindre le « zéro net ». Les batteries resteront le principal moteur de la croissance, représentant 60 % de la demande globale de cobalt d'ici à 2050.

5. Au total, l'ensemble de l'industrie des batteries aura besoin d'au moins 5,5 millions de tonnes de cobalt entre 2023 et 2050 pour alimenter les véhicules électriques, l'électronique grand public et le stockage stationnaire, qui sont des secteurs essentiels de la transition énergétique.

6. Une plus grande quantité de cobalt sera également utilisée dans le segment de l'électronique grand public, grâce aux batteries utilisées dans les appareils d'intelligence artificielle (IA), la robotique et les drones. Au total, l'industrie de l'électronique grand public aura besoin d'au moins 2,2 millions de tonnes de cobalt entre 2023 et 2050.

7. La demande de cobalt dans les superalliages devrait presque quadrupler entre 2020 et 2050. Cela est dû à la reprise de l'aviation commerciale post-Covid, mais aussi au nombre croissant de commandes d'avions de défense, au développement d'équipements de nouvelle génération pour l'armée de l'air, ainsi qu'à la croissance des applications pour l'exploration spatiale et les satellites.

8. La croissance de la demande de cobalt exigera une expansion correspondante de l'offre. Il faudra au moins 1,7 milliard de dollars de nouveaux investissements d'ici à 2050 pour construire les mines de cobalt nécessaires pour répondre à la demande mondiale de batteries pour atteindre le « zéro net ». Il est donc urgent que les capitaux nécessaires soient déployés aujourd'hui pour construire une chaîne d'approvisionnement en cobalt fiable et éviter les déficits à l'avenir.

9. Le recyclage peut contribuer à satisfaire jusqu'à 18 % de la nouvelle demande mondiale de cobalt d'ici à 2035 pour les VE de tourisme, les VE commerciaux, les e-bus, les véhicules à deux ou trois roues et le stockage stationnaire. Toutefois, cela nécessitera des investissements substantiels dès aujourd'hui pour s'assurer que l'industrie est bien préparée lorsque les batteries lithium-ion de la génération actuelle atteindront la fin de leur durée de vie initiale, qui est d'environ six à 15 ans.

10. Si nous voulons atteindre cet objectif ambitieux mais réalisable, il est essentiel que les gouvernements mettent en œuvre de bonnes politiques qui encouragent la demande, augmentent l'offre de manière compétitive et donnent la priorité au recyclage. Cela permettra d'exploiter pleinement le potentiel du cobalt pour soutenir la transition énergétique.

2. APERÇU DU MARCHÉ DU COBALT : LA CROISSANCE RESTE SOUTENUE

Le cobalt est un métal technologique qui jouera un rôle majeur dans le développement de la transition vers l'énergie verte. En plus d'être un composant essentiel de nombreuses batteries, il est également utilisé dans les appareils électroniques, les avions, les centrales électriques, les pigments et toute une série d'autres applications industrielles. Il est également recyclable à l'infini, ce qui renforce son rôle dans la transition.

Malgré le ralentissement économique en Chine et les taux d'intérêt élevés aux États-Unis et en Europe, la croissance du cobalt est restée solide. Le marché des superalliages, des métaux durs, des pigments, des catalyseurs, des aimants permanents et du surfaçage de renfort pour le cobalt a augmenté collectivement de 11 % d'une année sur l'autre. Le principal moteur de cette croissance a été le secteur des superalliages, qui sont principalement utilisés dans l'aérospatiale et l'industrie énergétique.

Les tensions croissantes entre la Chine et les États-Unis, ainsi que la guerre en Ukraine, ont entraîné une hausse des dépenses de défense. La lente reprise de l'économie chinoise et la baisse des taux d'intérêt en Europe et aux États-Unis soutiendront la croissance du cobalt pendant le reste de la décennie.

L'utilisation du cobalt dans le secteur de l'électronique grand public a été faible au cours des 12 derniers mois. L'augmentation du coût de la vie au cours des deux dernières années a eu un impact négatif sur les dépenses des ménages dans ce secteur. L'essor de l'intelligence artificielle entraînera une vague de nouveaux appareils électroniques, tels que les objets personnels connectés. Ces appareils stimuleront la demande de cobalt utilisé dans la fabrication des batteries.

La demande de véhicules électriques représente aujourd'hui le plus grand secteur d'utilisation finale du cobalt.

Le marché des VE reste solide, avec une croissance qui se poursuit, bien qu'à des niveaux inférieurs à ceux de l'expansion rapide et prévisible des années précédentes. En 2023, les véhicules électriques représentaient 17,8 % de l'ensemble des ventes de véhicules de tourisme dans le monde et un pourcentage record de 61 % dans les pays nordiques. Plusieurs pays progressent également plus rapidement que la moyenne mondiale : en Chine, plus de 37 % des voitures vendues sont électriques, suivie par l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni, qui dépassent tous les trois les 25 %.

Les ventes de VE devraient passer de 13,9 millions en 2023 à plus de 30 millions en 2027 dans le scénario de transition économique de BNEF. Au cours des quatre prochaines années, les ventes de voitures électriques augmenteront en moyenne de 21 % par an, contre 61 % en moyenne entre 2020 et 2023, ce qui caractérisait les débuts du secteur des VE. La principale batterie utilisée aujourd'hui dans les véhicules électriques est la batterie lithium-ion. À la fin de l'année 2023, la capacité de production de batteries lithium-ion mise en service dans le monde s'élevait à 2,5 térawattheures par an (TWh/an), soit plus de 20 fois la capacité en ligne en 2015.

Si toutes les centrales supplémentaires prévues sont construites, la capacité totale passerait à 9,4 TWh/an à la fin de 2026. Alors que la capacité est fortement concentrée en Chine, de nouvelles capacités de fabrication de cellules en Europe, et de plus en plus aux États-Unis, commencent à monter en puissance pour répondre à la demande croissante de batteries dans ces régions.

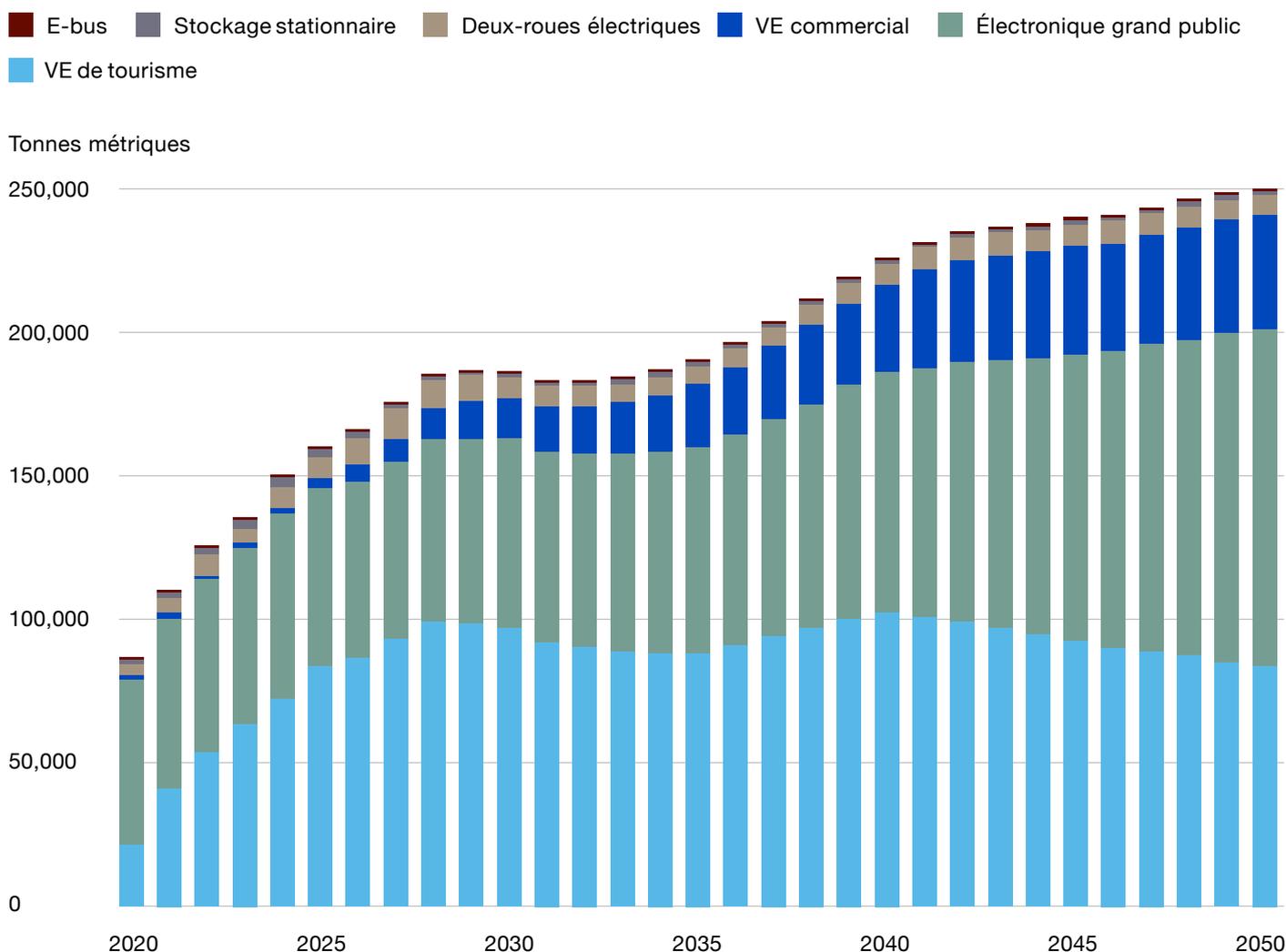
Les batteries lithium-ion utilisent des métaux tels que le cobalt dans la cathode. La croissance de la demande pour ces batteries entraînera une croissance correspondante de l'utilisation finale du cobalt. La consommation de cobalt de l'industrie des véhicules électriques a plus que quadruplé pour atteindre 85 000 tonnes métriques d'ici à la fin 2024, par rapport au niveau modeste de 28 000 tonnes métriques en 2020.

Les prix du cobalt ont chuté de manière significative, passant d'un pic de 81 000 dollars par tonne métrique en avril 2022 à 24 000 dollars par tonne métrique en septembre 2024. Cette situation a affecté la production de ce métal. La demande étant appelée à croître, la persistance de prix bas pourrait conduire à une période de déficits à l'avenir.

3. LA DEMANDE : TOUS LES SECTEURS CLÉS STIMULERONT LA CROISSANCE

- La demande mondiale de cobalt pour les batteries sera multipliée par plus de trois, passant d'une consommation modeste de 85 000 tonnes métriques en 2020 à 250 000 tonnes métriques d'ici à 2050.
- Cette croissance de la demande annuelle exigera une croissance correspondante de l'offre.
- D'ici à 2050, l'ensemble de l'industrie des batteries aura besoin de 5,5 millions de tonnes métriques de cobalt pour alimenter les véhicules électriques, l'électronique grand public et les systèmes de stockage stationnaire.

Figure 1 : Demande globale de cobalt pour les batteries



Source: BloombergNEF

SCÉNARIOS DE BLOOMBERG NEF (BNEF)

Les perspectives de BNEF concernant le cobalt combinent des prévisions à court terme et un scénario à long terme. De 2024 à 2027, elles comprennent des prévisions ascendantes pour chaque véhicule, batterie ou métal. Elles tiennent compte de facteurs tels que les modèles actuels et futurs disponibles, les cadres politiques et incitatifs, les taux de croissance historiques, les modèles d'adoption par les consommateurs et d'autres facteurs. À partir de 2028, les perspectives se divisent en deux scénarios à long terme :

Scénario de transition économique (ETS) : Il s'agit du principal scénario décrit dans le présent rapport. Il suppose qu'aucune nouvelle politique ou réglementation ayant un impact sur le marché n'est adoptée. Il ne suppose pas que les objectifs climatiques à long terme soient atteints, ni que les objectifs d'élimination progressive des véhicules à combustion annoncés par les pays, les États, les villes ou les entreprises soient réalisés. Au contraire, l'adoption est principalement déterminée par les tendances technico-économiques et les forces du marché. Sauf indication contraire, les graphiques et analyses présentés dans ce rapport se réfèrent à l'ETS, également appelé « scénario de référence » dans certains cas.

Scénario « zéro net » (NZS) : Ce scénario étudie ce à quoi pourrait ressembler une voie potentielle vers le zéro émission nette d'ici à 2050 pour le transport routier et la consommation de métaux. Ce scénario considère principalement l'économie comme le facteur décisif pour le choix des technologies de transmission à mettre en œuvre pour atteindre l'objectif de 2050. Le Scénario « zéro net » est l'une des nombreuses voies possibles pour atteindre cet objectif, et nous ne le présentons pas comme le plus probable.

3.1. Demande de batteries

- La demande annuelle de cobalt pour les VE va plus que quadrupler d'ici à 2035, pour atteindre 115 000 tonnes métriques, en raison des objectifs ambitieux de certains pays d'éliminer progressivement les moteurs à combustion interne d'ici à 2035.
- Après 2035, une deuxième phase de croissance de la demande de cobalt sera alimentée par les VE commerciaux, qui privilégieront l'autonomie plus longue offerte par les batteries nickel-manganèse-cobalt.

Figure 2 : Ventes mondiales de VE de tourisme à long terme par marché - Scénario de transition économique

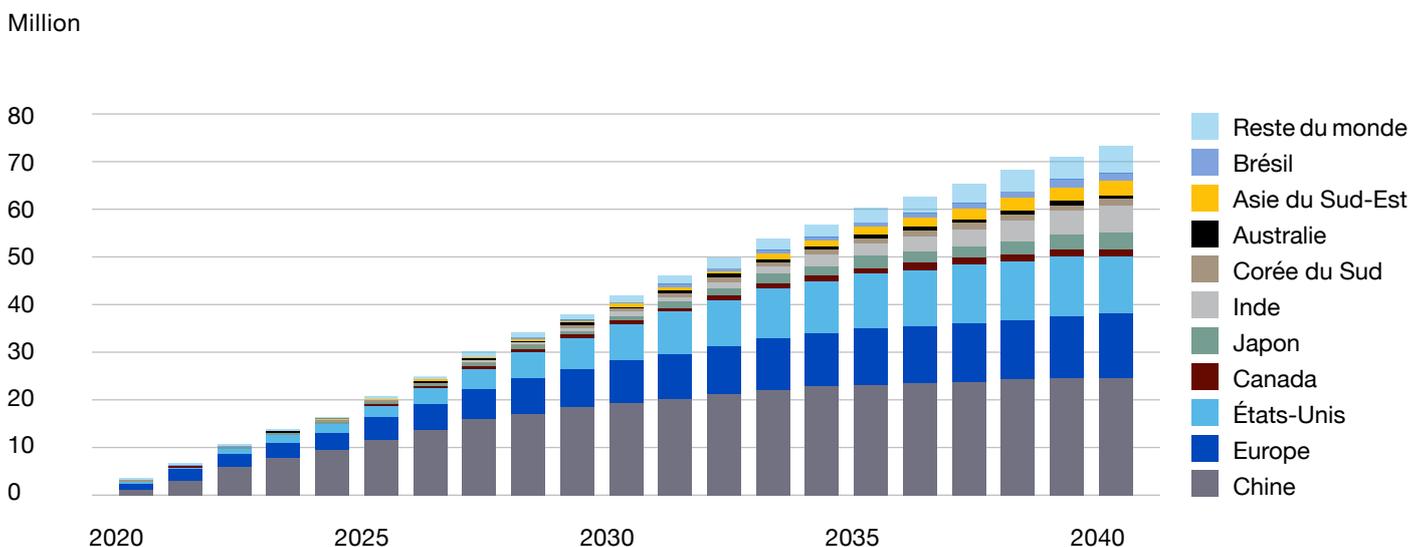
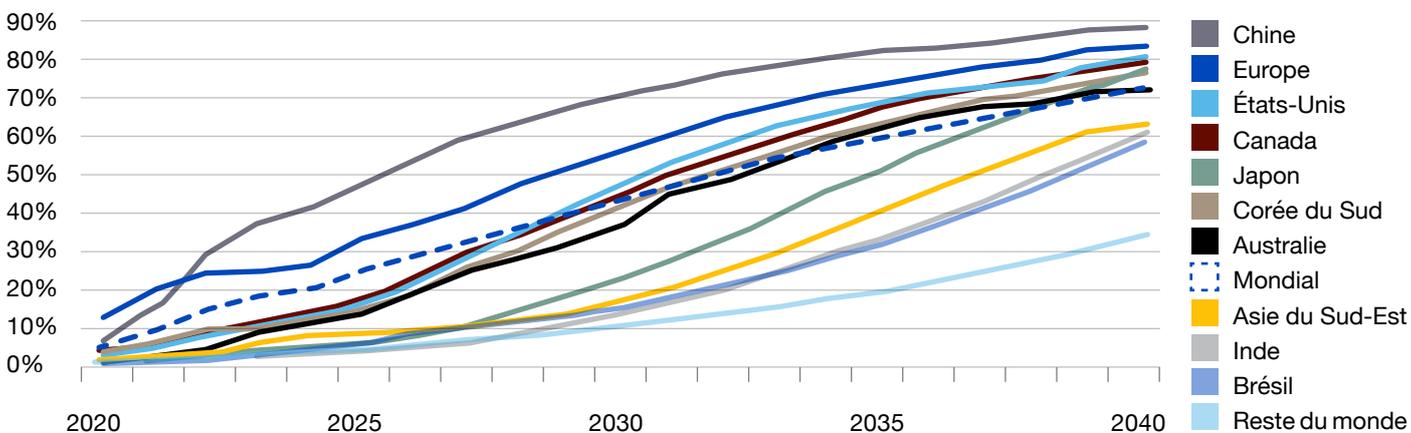


Figure 3 : Part mondiale à long terme des VE dans les ventes de véhicules de tourisme neufs par marché - Scénario de transition économique



Source : BloombergNEF. Remarque : L'Europe comprend l'UE, le Royaume-Uni et les pays de l'Association européenne de libre-échange (AELE). Les VE comprennent les VE à batterie et les VE hybrides rechargeables.

La part des VE dans les ventes mondiales de véhicules de tourisme neufs atteindra 33 % en 2027, contre 17,8 % en 2023. Seuls la Chine (60 %) et l'Europe (41 %) dépassent la moyenne mondiale à ce moment-là, mais certains marchés automobiles européens progressent encore plus rapidement, les pays nordiques atteignant 90 % et l'Allemagne, le Royaume-Uni et la France dépassant largement les 40 %.

Aux États-Unis, l'inquiétude suscitée par l'élection présidentielle a ralenti l'adoption des VE cette année. D'ici à 2027, 29 % des voitures vendues dans le pays seront électriques.

Néanmoins, la technologie sous-jacente des VE continue de s'améliorer et de coûter moins cher, tant pour les batteries à base de lithium, comme la LFP, que pour les batteries à base de nickel contenant du cobalt.

De nombreux nouveaux modèles de VE à moindre coût devraient être lancés au cours des prochaines années. Certains des taux de croissance les plus rapides sont observés dans les économies émergentes, les ventes de VE devant quintupler au Brésil d'ici à 2027 et tripler en Inde. Le parc de voitures électriques croît rapidement, passant à plus de 132 millions d'ici à 2027, contre 41 millions de véhicules électriques de tourisme en circulation à la fin de 2023.

L'analyse économique de BNEF indique que les VE seront la principale méthode de décarbonation du transport routier. Toutefois, les hybrides peuvent également jouer un rôle important. En Europe, aux États-Unis, en Chine, au Japon et en Corée du Sud, nous prévoyons que les ventes de véhicules entièrement hybrides dépasseront les 15 millions d'unités par an d'ici à 2030, sur les 95 millions de véhicules vendus dans le monde la même année.

Après avoir augmenté rapidement au cours de cette décennie, la croissance des ventes de VE ralentit à partir de 2030 en Chine et à partir du milieu des années 2030 en Europe et aux États-Unis, les deux marchés commençant à être saturés. Bien que l'infrastructure de recharge publique se développe rapidement à l'échelle mondiale, elle constitue toujours un obstacle à l'électrification des 10 à 20 % restants du marché dans de nombreux pays.

QU'EST-CE QU'UNE BATTERIE LITHIUM-ION ?

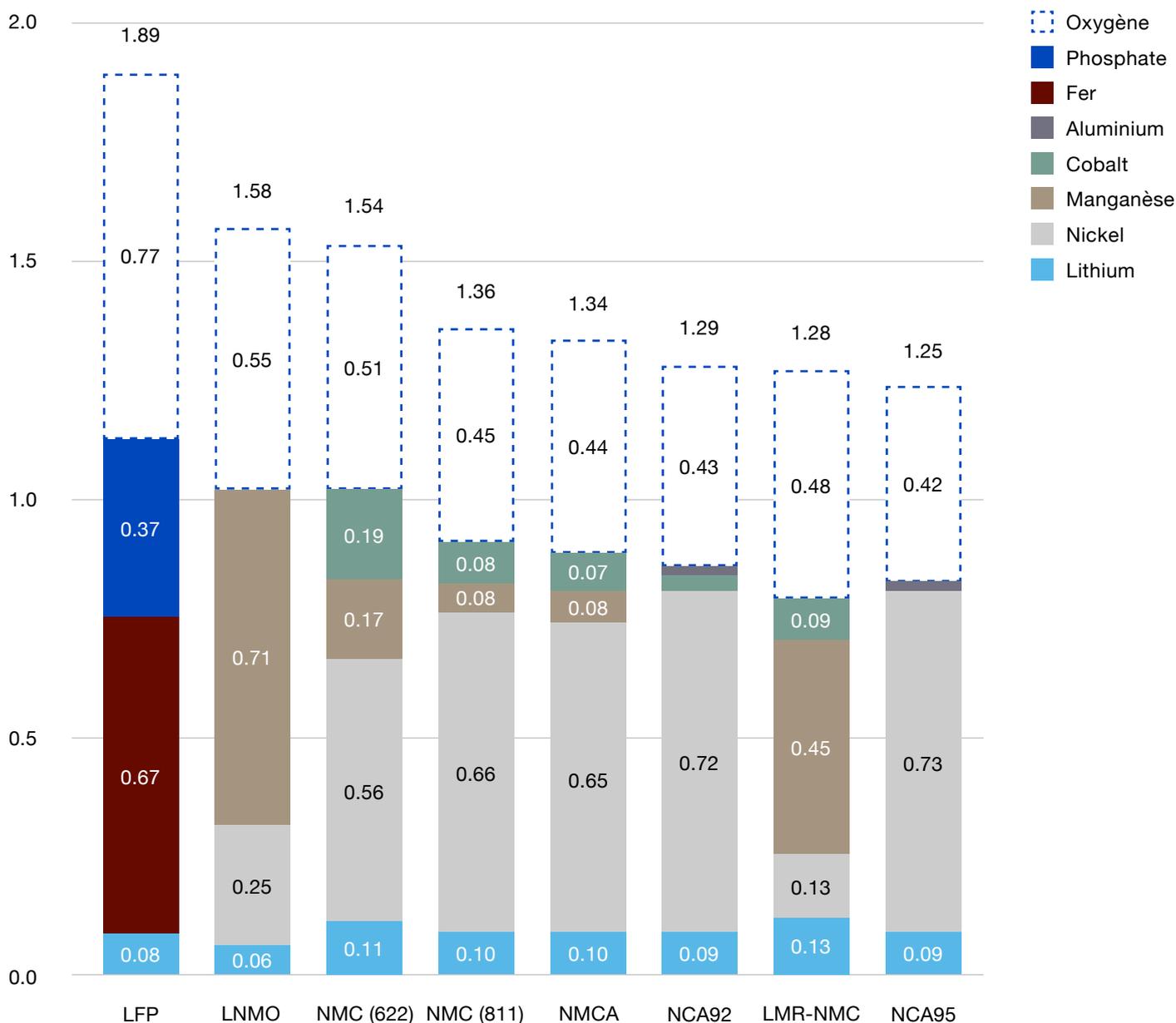
Les batteries lithium-ion sont entrées dans le commerce en 1991. Au cours des décennies suivantes, elles sont devenues monnaie courante dans l'électronique grand public, des téléphones et ordinateurs portables jusqu'aux outils électriques et, enfin, aux drones. Le Tesla Roadster de 2008 a été le premier véhicule électrique produit en série à utiliser des cellules lithium-ion.

La batterie lithium-ion est composée d'une anode et d'une cathode. Certains matériaux cathodiques utilisent du cobalt. De multiples chimies cathodiques sont encore utilisées, chacune avec des caractéristiques différentes. Les chimies cathodiques sont nommées en fonction des matériaux spécifiques utilisés dans chaque type. Les batteries au phosphate de fer lithié, par exemple, sont généralement connues sous le nom de LFP. Une batterie nickel-manganèse-oxyde de cobalt (NMC) est également identifiée par la proportion de ces matériaux les uns par rapport aux autres. Une batterie NMC (811) contient 8 parties de nickel pour 1 partie de manganèse et de cobalt, par exemple.

L'une des raisons pour lesquelles le marché n'a pas encore convergé vers une chimie cathodique unique est que chacune d'entre elles implique des compromis. Les itérations actuelles d'une batterie NMC (811), par exemple, ont des densités d'énergie très élevées mais une durée de vie courte. Une batterie LFP, en revanche, a tendance à avoir une durée de vie plus longue mais n'est pas aussi dense en énergie.

Figure 4 : Teneur en métaux d'une sélection de matériaux pour cathodes de batteries lithium-ion

Kilogrammes par kilowattheure



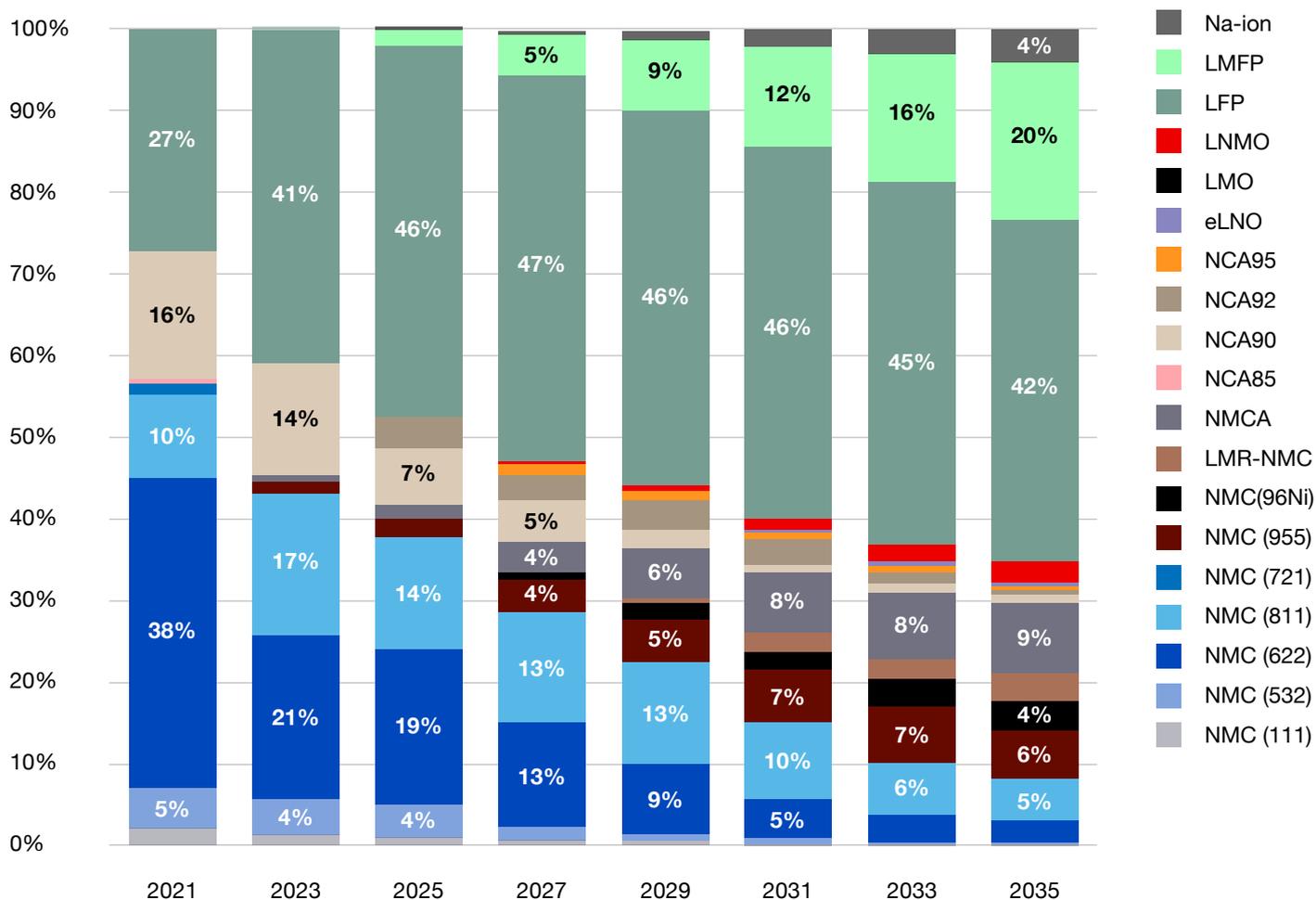
Source : BloombergNEF.

Remarque : LFP désigne le phosphate de fer lithié ; LNMO désigne l'oxyde de lithium nickel manganèse ; NMC désigne l'oxyde de nickel manganèse cobalt ; NMCA désigne l'oxyde de nickel manganèse cobalt aluminium ; NCA désigne l'oxyde de nickel cobalt aluminium ; LMR désigne les produits riches en lithium et en manganèse.

La demande annuelle de batteries lithium-ion augmente rapidement dans le Scénario de transition économique (ETS) de BNEF pour presque quadrupler les niveaux actuels, approchant les 3,6 térawattheures (TWh) pour le transport routier et le stockage stationnaire d'ici la fin de la décennie.

Le point de départ des perspectives de BNEF sur la chimie des cathodes est la répartition actuelle des chimies utilisées dans les différents VE et le nombre de véhicules vendus. Nous combinons ces données avec notre connaissance des produits chimiques nouveaux et existants, les dates de sortie des futurs véhicules et d'autres annonces des entreprises pour estimer comment le mélange de produits chimiques pourrait évoluer d'ici à 2035 (Figure 5).

Figure 5 : Évolution de la composition chimique des cathodes dans tous les segments des véhicules électriques de tourisme



Source : BloombergNEF.

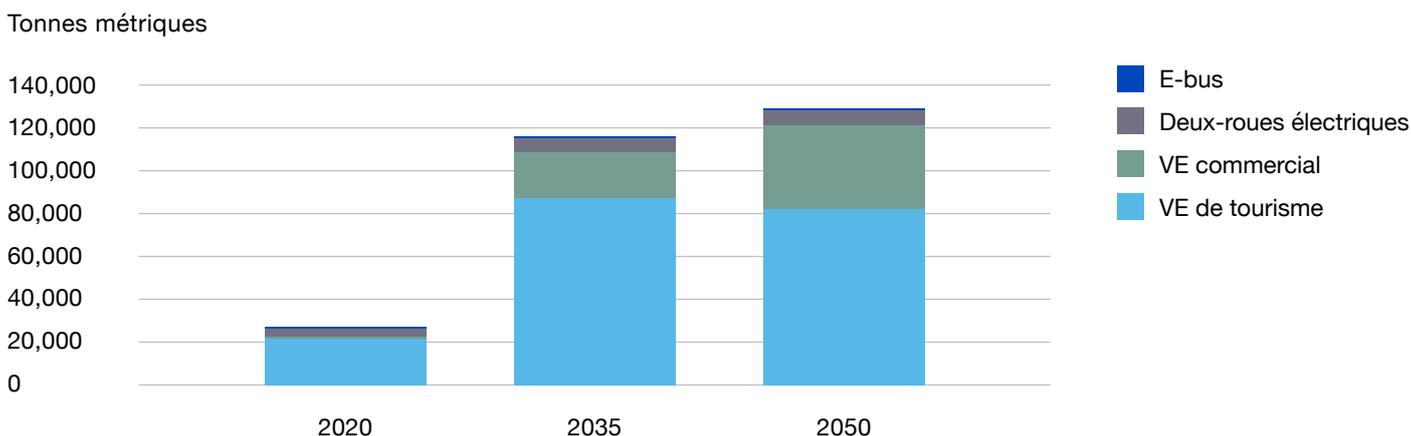
Remarque : Na-ion fait référence à l'ion sodium ; LMFP désigne le phosphate de fer lithium-manganèse ; LFP désigne le phosphate de fer lithié ; LNMO désigne l'oxyde de lithium nickel manganèse ; LMO désigne l'oxyde de lithium manganèse ; LNO désigne l'oxyde de lithium nickel ; NCA désigne l'oxyde de nickel cobalt aluminium ; NMCA désigne l'oxyde de nickel manganèse cobalt aluminium ; LMR désigne les produits riches en lithium et en manganèse ; NMC désigne l'oxyde de nickel manganèse cobalt.

La demande annuelle de cobalt pour les véhicules électriques va plus que quadrupler d'ici à 2035, pour atteindre 115 000 tonnes métriques, contre 26 000 tonnes métriques environ en 2020. Cette croissance s'explique par les objectifs ambitieux fixés par l'Union européenne, Singapour, le Canada, le Chili, le Royaume-Uni et d'autres pays pour éliminer progressivement les moteurs à combustion interne d'ici à 2035.

Les constructeurs automobiles investissent actuellement dans le secteur des véhicules utilitaires afin d'en améliorer les performances et d'en réduire les coûts. Les véhicules commerciaux, qui comprennent les poids lourds et les camions grands routiers, nécessitent des batteries capables de parcourir de longues distances avec une seule charge. La chimie nickel-manganèse-cobalt est la mieux adaptée dans cette situation.

La pénétration des véhicules commerciaux électriques entraînera une augmentation correspondante du cobalt utilisé dans leurs batteries, qui passera de 22 000 tonnes métriques en 2035 à 39 000 tonnes métriques en 2050. Selon le scénario de référence de BNEF, l'industrie des VE aura besoin d'au moins 3,3 millions de tonnes métriques de cobalt entre 2023 et 2050 pour développer des batteries.

Figure 6 : Demande annuelle de cobalt pour les véhicules électriques

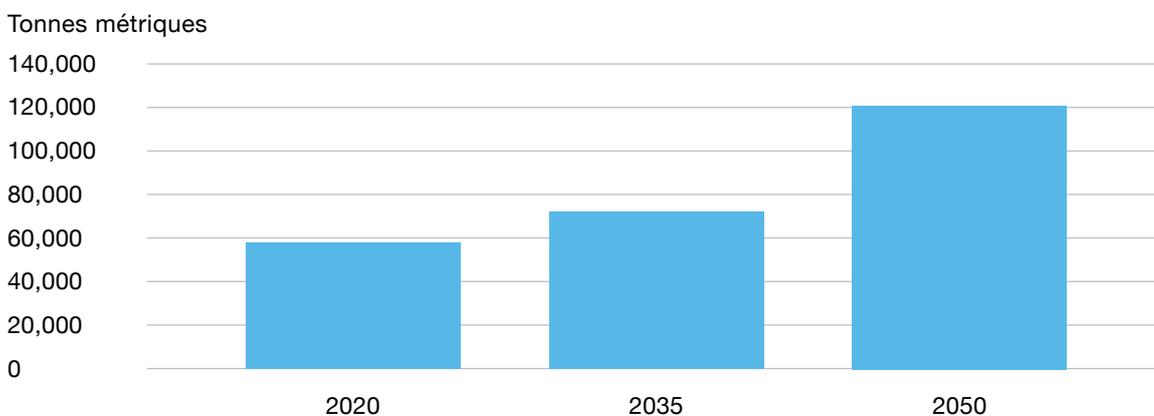


Source : BloombergNEF

ÉLECTRONIQUE GRAND PUBLIC

- La consommation annuelle de cobalt dans l'électronique grand public augmentera régulièrement pour atteindre 72 000 tonnes métriques en 2035, contre 59 000 tonnes métriques en 2020, cette hausse étant due à la croissance de l'intelligence artificielle, de la robotique, des drones et des appareils intelligents, ainsi qu'au cobalt utilisé dans les batteries lithium-ion qui les alimentent.
- Entre 2035 et 2050, la demande de cobalt augmentera encore plus rapidement, soutenue par la vague de croissance de ces technologies émergentes.
- La demande cumulée d'électronique grand public entre 2023 et 2050 est de 2,2 millions de tonnes métriques selon le scénario de transition économique de BNEF.

Figure 7 : Demande annuelle de cobalt pour l'électronique grand public

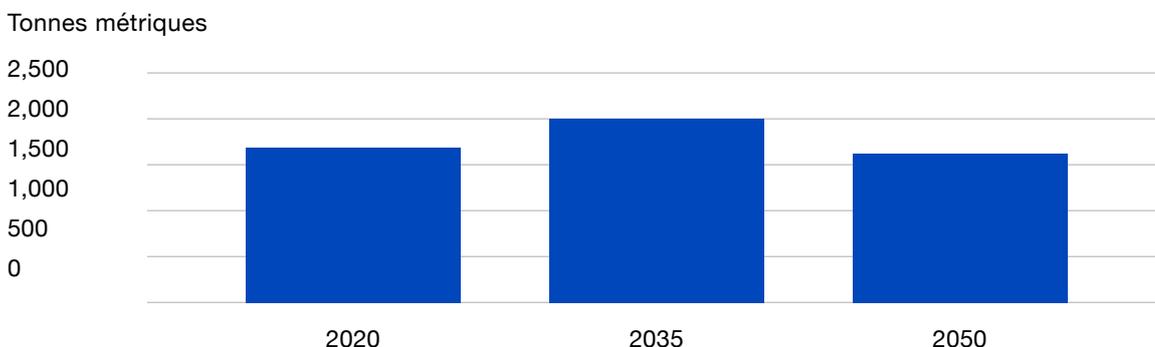


Source : BloombergNEF

STOCKAGE STATIONNAIRE

- **Despite a decline in the market share of nickel-based battery chemistries such as nickel manganese cobalt oxide (NMC), the stationary storage industry will still require cobalt.**
- **Annual global cobalt demand from stationary storage has risen from 1,700 metric tons in 2020, peaks this year at 3,500 metric tons before dropping to an annual average of 1,400 metric tons until 2050.**
- **Cumulatively, the stationary storage industry will consume 39,000 metric tons of cobalt between 2023 and 2050 under BNEF's base case scenario.**

Figure 8 : Demande annuelle de cobalt pour le stockage stationnaire



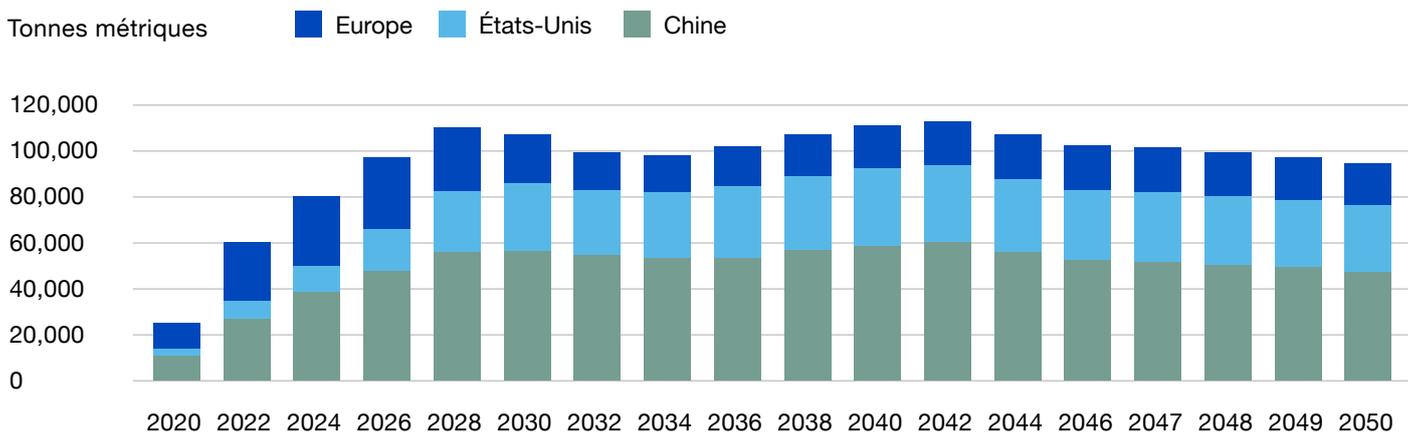
Source : BloombergNEF.

La demande annuelle de cobalt pour le stockage stationnaire est passée de 1 700 tonnes métriques en 2020 à 3 500 tonnes métriques cette année, avant de retomber à une moyenne de 1 400 tonnes métriques jusqu'en 2050.

CHINE

- **Sur le marché chinois des VE, qui connaît une croissance rapide, la demande de cobalt sera multipliée par quatre d'ici à 2050, pour atteindre 47 000 tonnes métriques, contre 11 000 tonnes métriques en 2020.**
- **La part de marché dans les VE de tourisme en Chine pour les batteries à l'oxyde de nickel, manganèse et cobalt (NMC) diminuera de moitié, pour descendre à 30 % d'ici à 2035, principalement en raison de la pénétration d'autres technologies telles que le LMFP et le sodium-ion.**
- **Il y aura néanmoins une croissance globale significative d'ici à 2035, en termes absolus, de la chimie NMC, qui passera de 32 GWh en 2020 à 311 GWh en 2035.**

Figure 9 : Répartition régionale de la demande de cobalt pour les véhicules électriques



Source : BloombergNEF

Les ventes de VE de tourisme en Chine atteindront 9,9 millions d'unités en 2024, soit une hausse de 21 % par rapport à 2023. Les ventes ont été stimulées par une nouvelle vague de réductions de prix visant à stimuler la demande, pratiquées par un certain nombre de constructeurs automobiles, dont BYD. Après 2024, les ventes de VE de tourisme en Chine continueront à croître en moyenne de 18 % par an jusqu'en 2027.

La Chine n'a pas besoin d'une forte impulsion réglementaire, car l'objectif de consommation de carburant et les objectifs du système de crédit pour les véhicules à énergie nouvelle (NEV) pour 2025 ont déjà été atteints ou dépassés en 2022, et l'objectif à plus long terme, à savoir que les NEV représentent 40 % des ventes de voitures neuves d'ici à 2030, sera très probablement atteint cette année.

Le marché chinois des VE est aujourd'hui façonné principalement par la demande des consommateurs et les ventes seront ralenties par la saturation du marché et des perspectives économiques plus difficiles.

ÉTATS-UNIS

- **La demande de cobalt sur le marché américain des véhicules électriques sera multipliée par près de 10 d'ici à 2050, passant de 3 000 tonnes métriques en 2020 à 29 000 tonnes.**
- **La part de marché des batteries NMC dans les véhicules électriques de tourisme vendus aux États-Unis atteindra 50 % en 2035, sous l'effet de l'adoption de batteries moins chères offrant de meilleures marges aux constructeurs automobiles qui profitent de la loi sur la réduction de l'inflation (Inflation Reduction Act).**
- **Malgré ce recul de la part de marché, la croissance absolue de l'utilisation des NMC augmentera fortement, passant de 25 GWh en 2020 à 398 GWh en 2035.**

Après une année 2024 morose, un certain optimisme modéré s'installe sur le marché des VE en 2025, avec le lancement de quelques nouveaux modèles de VE et l'augmentation, grâce à la loi sur la réduction de l'inflation, de la capacité de production de constructeurs automobiles tels que Hyundai, BMW ou Toyota. En 2026, des entreprises comme Ford proposeront des VE plus abordables et destinés au marché de masse.

Les ventes de VE de tourisme aux États-Unis ont augmenté de 20 % en 2024 par rapport à 2023, pour atteindre un peu moins de 1,8 million d'unités. Cela marque un ralentissement par rapport au taux de croissance de 2023 (49 %), car certains des principaux constructeurs automobiles, comme Ford et General Motors, continuent de se débattre avec la montée en puissance de la production et des ventes, et Tesla n'a pas réussi à rafraîchir sa gamme de modèles de manière significative.

Les autres grands constructeurs automobiles, comme Hyundai, Kia ou Volvo, continuent d'augmenter leurs ventes de VE en 2024, même si c'est à partir d'un niveau peu élevé. Les VE représenteront près de 29 % des ventes de véhicules de tourisme d'ici 2027, contre 10 % en 2023. En conséquence, les États-Unis représenteront 15 % des ventes mondiales de VE de tourisme en 2027, soit une augmentation par rapport aux 11 % de 2023.

EUROPE (UE + AELE + ROYAUME-UNI)

- **La demande de cobalt augmentera pour atteindre environ 18 000 tonnes métriques d'ici à 2050, contre 11 000 tonnes métriques en 2020, sous l'effet d'une forte croissance de la demande absolue de batteries, qui passera de 55 GWh à 213 GWh au cours de la même période.**
- **La part de marché des batteries NMC dans les véhicules électriques de tourisme passera d'environ 95 % en 2020 à environ 40 % en 2035.**
- **Ce ralentissement de la croissance de la demande par rapport à la Chine et aux États-Unis est dû au fait que les principaux constructeurs automobiles européens se sont engagés à utiliser des variantes du NMC 955, qui utilise moins de cobalt. Si la mise en place de capacités pour ces nouvelles chimies s'avère difficile, les constructeurs automobiles européens pourraient revenir au NMC 622 ou au NMC 532, qui utilisent davantage de cobalt.**

Les ventes de VE en Europe s'élèvent à un peu moins de 3,5 millions en 2024, soit 10 % de plus qu'en 2023. Cette croissance décevante est principalement due à la pression plus faible exercée par les objectifs en matière d'économie de carburant cette année. Les objectifs de l'Union européenne en matière de CO₂ ne deviendront pas plus stricts avant 2025, ce qui freinera la croissance du marché des VE dans la région jusqu'à cette date.

Le ralentissement de la croissance reflète l'incertitude croissante concernant les ventes de VE en Allemagne, où la suppression des incitations à l'achat de VE, combinée à des conditions économiques difficiles, risque de décourager les acheteurs de VE. Il reste toutefois possible que des pays tels que la France ou le Royaume-Uni reprennent une partie de la demande potentielle perdue en Allemagne.

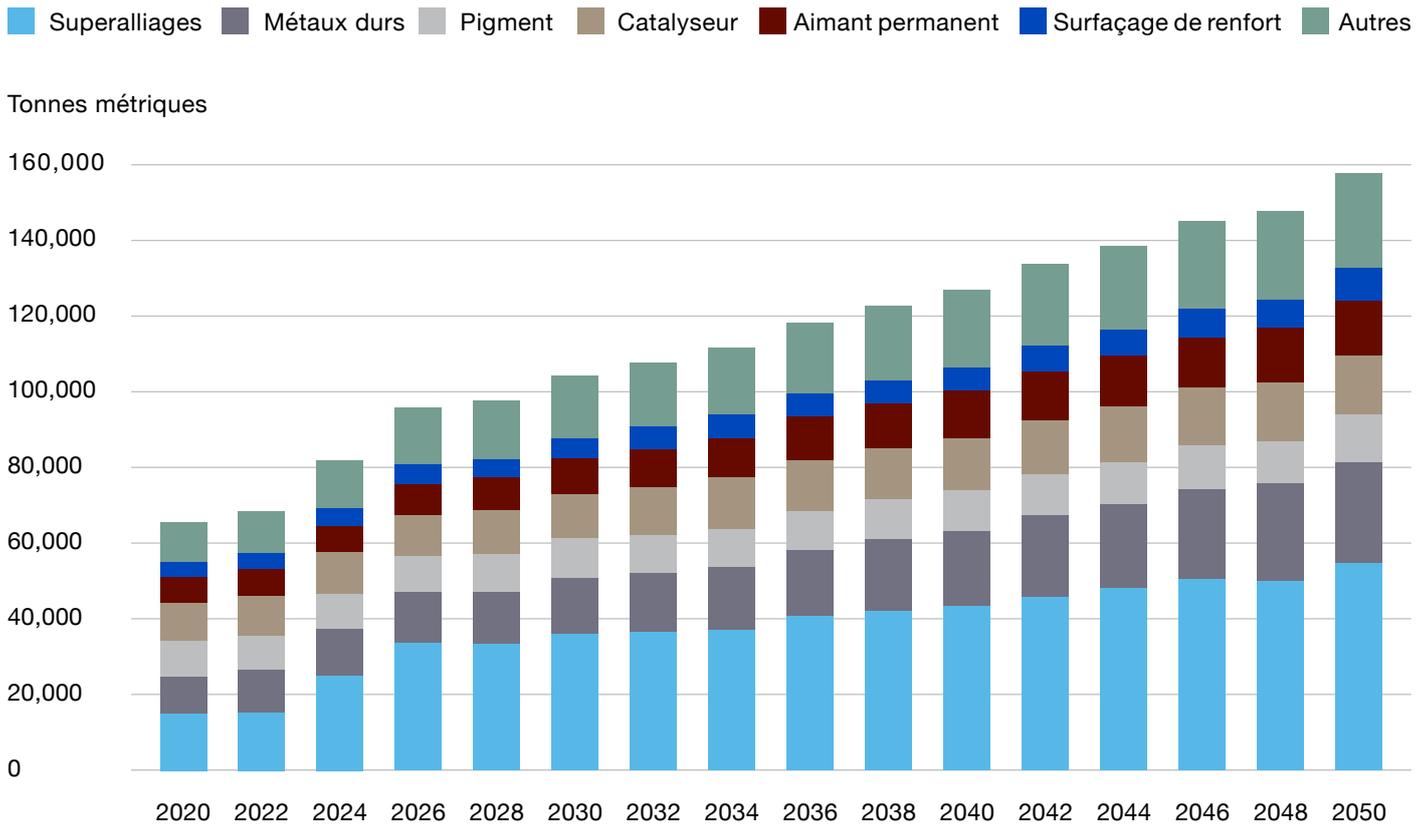
La situation de 2024 en Europe présente également des signes positifs. Plusieurs VE à bas prix, potentiellement très populaires, comme la Citroën E-C3 (prix de 23 300 euros) et la Renault 5 E-TECH (prix d'environ 25 000 euros) devraient être commercialisés cette année, toutes deux dans le segment très prisé des petits véhicules.

Au Royaume-Uni, 2024 est la première année du mandat pour les véhicules à émission zéro (VEZ), 22 % des ventes de voitures dans le pays devant être à émission zéro cette année. D'ici à 2027, plus de 41 % des ventes de véhicules de tourisme neufs au Royaume-Uni seront électriques.

3.2. DEMANDE INDUSTRIELLE

- La demande de cobalt pour les utilisations finales industrielles va plus que doubler, passant de 65 000 tonnes métriques en 2020 à 157 000 tonnes métriques d'ici 2050, principalement en raison de la forte croissance des superalliages et des métaux durs.

Figure 10 : Demande mondiale de cobalt pour les batteries



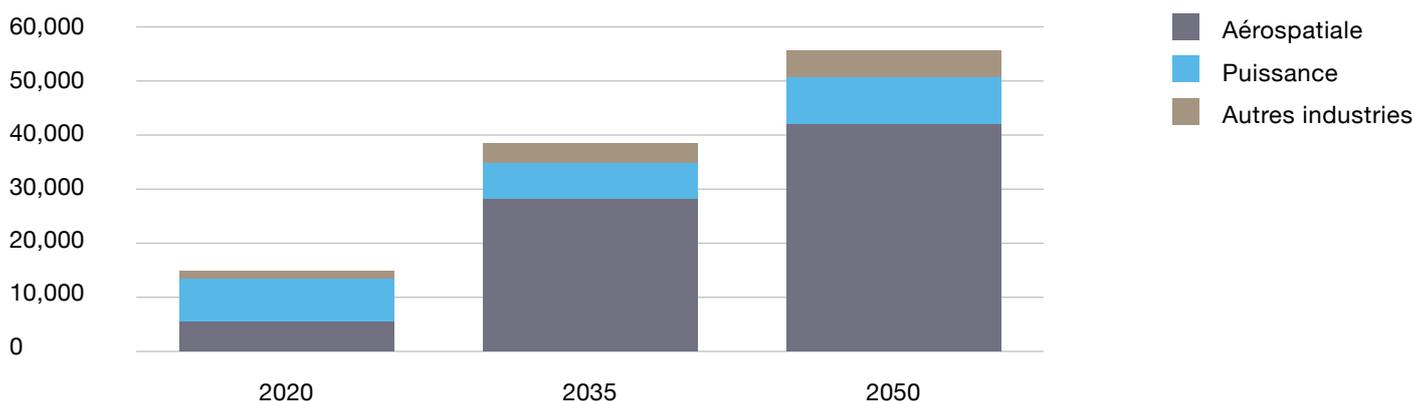
Source : BloombergNEF

SUPERALLIAGES

- La demande de cobalt pour les superalliages va pratiquement quadrupler d'ici à 2050, passant de 15 000 tonnes métriques en 2020 à 55 000 tonnes métriques.
- Cette demande de cobalt sera principalement tirée par le secteur aérospatial, soutenu par une forte croissance de l'aviation commerciale et militaire, ainsi que des applications spatiales.

Figure 12 : Demande de cobalt pour les superalliages

Tonnes métriques



Source : BloombergNEF, Cobalt Institute

Les superalliages sont des alliages capables de fonctionner efficacement à des températures (supérieures à 600 °C) et des pressions (supérieures à 35 MPa) élevées. Les superalliages sont couramment utilisés dans l'industrie aérospatiale, dans les turbines à gaz pour la production d'électricité et dans l'industrie pétrolière et gazière.

Les trois principaux types de superalliages sont ceux à base de fer, de nickel et de cobalt. La teneur en cobalt des superalliages à base de fer et de nickel peut varier entre 10 et 20 % de la composition métallique totale. La teneur en cobalt des superalliages à base de cobalt peut atteindre 80 % de la composition métallique totale. Bien que les alliages de nickel représentent environ la moitié du marché des superalliages, les alliages de cobalt sont préférés dans certains cas en raison de leur point de fusion plus élevé. Les alliages de cobalt offrent également une meilleure résistance à la corrosion que les alliages à base de fer et de nickel.

Le cycle d'innovation pour les superalliages s'étend généralement sur 20 ans, et nous ne nous attendons donc pas à ce que la teneur en cobalt des différents alliages change de manière significative au cours des deux prochaines décennies.

Tableau 1 : Alliages sélectionnés et composition des métaux clés

Type	Alliage	Cobalt (%)	Nickel (%)	Fer (%)	Chrome (%)
À base de fer	Haynes 556	20	21	32.2	22
	Ally N-155	20	20	29	21
À base de nickel	Haynes 214	0	76.5	3	16
	Haynes 230	5	55	3	22
À base de cobalt	Haynes 188	22	–	3	–
	Stellite B	30	–	1	–

Source : BloombergNEF, Singh (2016)¹.

¹Singh 2016, Superalloys Report, Technical Report (Rapport sur les superalliages, rapport technique).

L'industrie de l'aviation commerciale a connu une forte baisse des commandes en 2020 en raison de l'impact du Covid-19 sur les voyages aériens. Depuis, elle s'est redressée et des projections de croissance plus élevées sont attendues pour les deux prochaines décennies.

Les commandes d'avions militaires devraient également augmenter. La guerre en Ukraine ainsi que d'autres conflits régionaux et les tensions croissantes entre les États-Unis et la Chine stimulent les investissements dans les avions militaires de nouvelle génération. Cela stimulera la demande de cobalt.

En outre, la croissance des applications telles que les fusées utilisées pour l'exploration spatiale et les lancements de satellites augmentera la demande de superalliages au milieu de la décennie.

Pour prévoir la teneur en cobalt des superalliages utilisés dans les centrales électriques, BloombergNEF a utilisé les données de son New Energy Outlook (NEO) 2024. Selon NEO 2024, le nombre total de nouvelles centrales électriques, du gaz au nucléaire, passera d'environ 430 GW en 2020 à environ 856 GW en 2050, selon le scénario de référence de BNEF. La plupart de ces technologies contiennent des superalliages.

BNEF a développé l'intensité moyenne pour ces technologies afin d'estimer le cobalt consommé par l'industrie électrique. Le modèle tient compte de l'efficacité des matériaux au fil du temps en raison de l'amélioration de la technologie et du taux d'apprentissage.

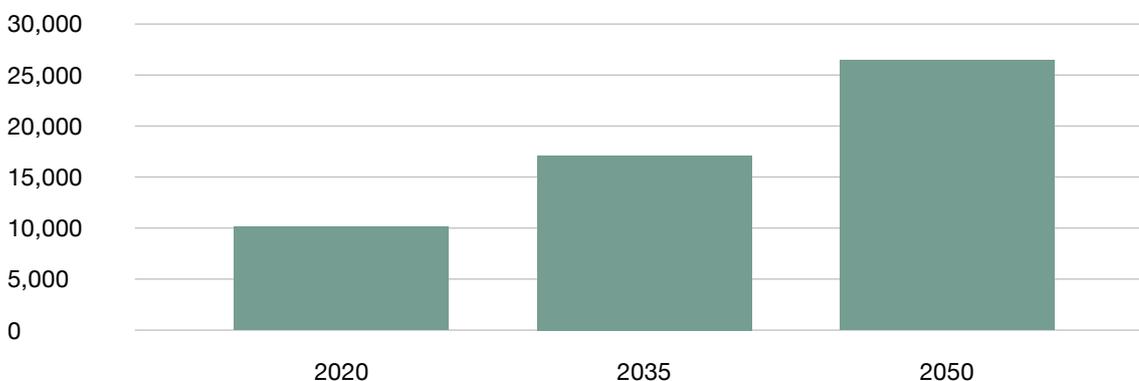
Pour tenir compte de la demande de superalliages plus petits dans d'autres applications finales telles que les échangeurs de chaleur, nous avons ajouté 10 % de la demande annuelle des industries aérospatiale et énergétique, ce qui correspond à peu près à leur proportion actuelle sur le marché mondial.

MÉTAUX DURS

- **La demande de cobalt dans les métaux durs fera plus que doubler pour atteindre 26 000 tonnes métriques d'ici à 2050, contre 10 000 tonnes métriques en 2020, en raison de l'utilisation de métaux durs dans les secteurs de l'exploitation minière, de l'énergie, de l'automobile et de l'aérospatiale.**

Figure 13 : Demande annuelle de cobalt pour les métaux durs

Tonnes métriques



Source : BloombergNEF, Massachusetts Institute of Technology (Institut de technologie du Massachusetts).

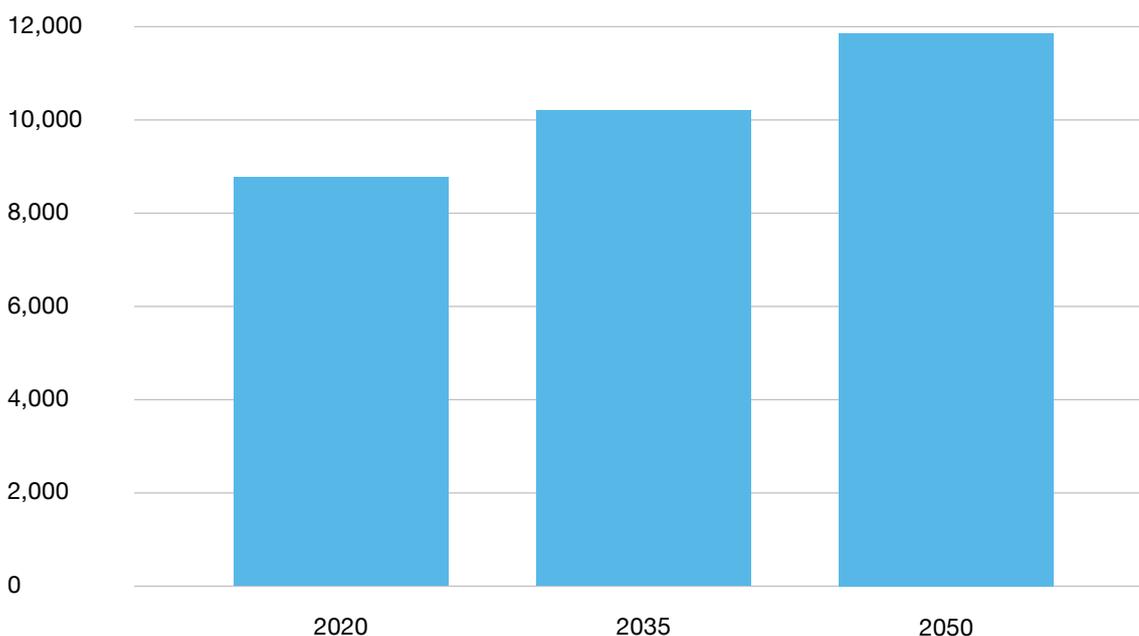
Outre ses applications industrielles, le cobalt donne de la couleur à la vie. Il est utilisé dans les peintures, la porcelaine, la céramique et le verre pour la pigmentation bleue. Au cours de la dernière décennie, la demande de cobalt utilisé par l'industrie des céramiques et des pigments a augmenté en moyenne d'environ 1 % par an. Nous ne nous attendons pas à ce que cette situation change d'ici à 2030. Ainsi, nous prévoyons que l'utilisation de cobalt par l'industrie des céramiques et des pigments passera d'environ 9 000 tonnes métriques en 2020 à 12 000 tonnes métriques d'ici 2050.

CÉRAMIQUE ET PIGMENT

- La demande de cobalt dans l'industrie des céramiques et des pigments augmentera régulièrement pour atteindre 12 000 tonnes métriques d'ici à 2050, contre environ 9 000 tonnes métriques en 2020.

Figure 14 : Demande annuelle de cobalt pour les céramiques et les pigments

Tonnes métriques



Source : BloombergNEF

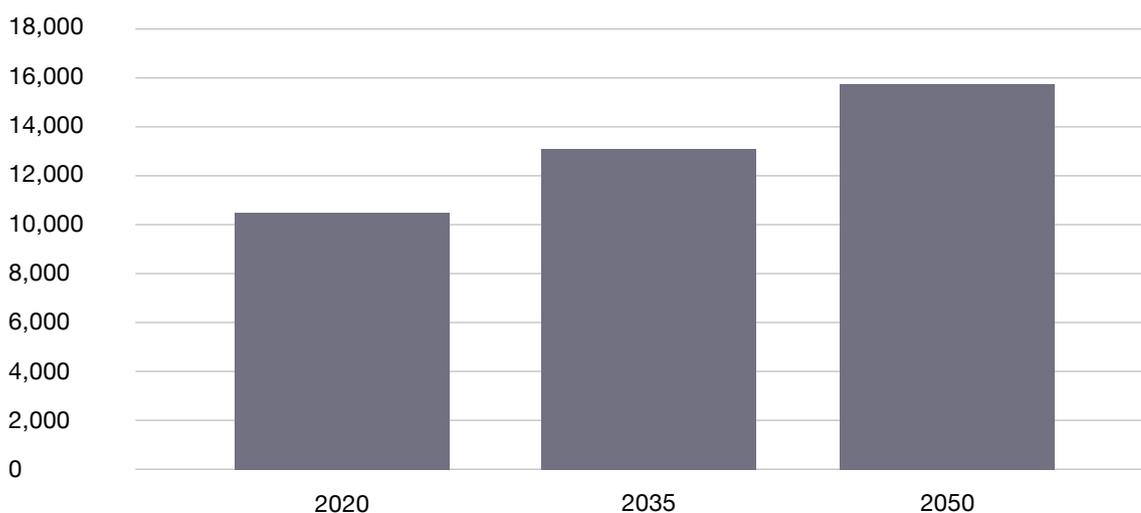
Outre ses applications industrielles, le cobalt donne de la couleur à la vie. Il est utilisé dans les peintures, la porcelaine, la céramique et le verre pour la pigmentation bleue. Au cours de la dernière décennie, la demande de cobalt utilisé par l'industrie des céramiques et des pigments a augmenté en moyenne d'environ 1 % par an. Nous ne nous attendons pas à ce que cette situation change d'ici à 2030. Ainsi, nous prévoyons que l'utilisation de cobalt par l'industrie des céramiques et des pigments passera d'environ 9 000 tonnes métriques en 2020 à 12 000 tonnes métriques d'ici 2050.

CATALYSEUR

- La demande de cobalt en tant que catalyseur augmentera régulièrement pour atteindre 15 700 tonnes métriques d'ici à 2050, contre 10 500 tonnes métriques en 2020, en raison de l'utilisation du cobalt en tant qu'agent oxydant pour divers processus dans les industries chimiques et pétrolières.

Figure 15 : La demande annuelle de cobalt comme catalyseur

Tonnes métriques



Source : BloombergNEF

Le cobalt est également utilisé comme agent oxydant dans divers processus chimiques. Il peut être converti en divers composés chimiques avec une large gamme d'applications dans l'hydroformylation des plastiques, la catalyse des processus de production de gaz à liquide et la réduction de la teneur en soufre dans le pétrole.

Pour estimer la demande de cobalt de l'industrie chimique, nous avons d'abord déterminé la trajectoire de croissance des industries chimiques et pétrolières. Malgré les engagements pris par les pays et les entreprises pour réduire l'utilisation du plastique, BNEF prévoit que la production mondiale de matières plastiques telles que le polyéthylène à faible densité et le polyéthylène à haute densité augmentera respectivement de 28 % et de 25 % d'ici à 2030.

Après 2030, les pays et les entreprises trouvent des alternatives durables aux produits en plastique, ce qui pourrait ralentir ce taux de croissance. Le polypropylène est un polymère linéaire robuste et résistant à la fatigue. Il est principalement utilisé dans des applications rigides pour des articles à usage unique tels que les pots de yaourt et des applications à long terme telles que les ustensiles de cuisine. Sa production augmentera également de 32 % d'ici à 2030.

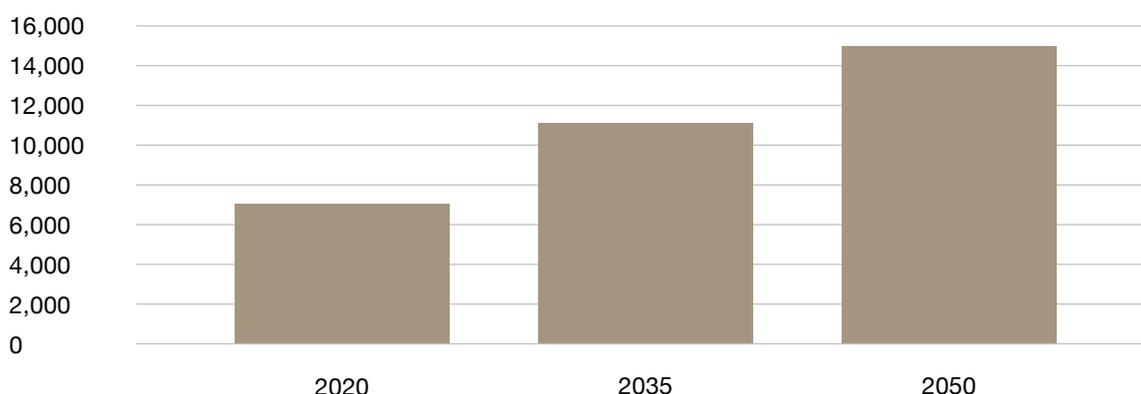
Les métaux du groupe du platine (MGP) sont utilisés comme catalyseurs dans les électrolyseurs à membrane d'échange de protons, qui produisent de l'hydrogène. Le platine et l'iridium sont actuellement les platinoïdes les plus utilisés, mais les entreprises cherchent à réduire leur charge en platinoïdes dans les électrolyseurs en introduisant du cobalt comme catalyseur. Nous avons inclus ce changement dans la modélisation, mais l'impact sur la demande de cobalt est marginal à long terme.

AIMANTS PERMANENTS

- La demande de cobalt dans les aimants permanents fera plus que doubler pour atteindre 14 800 tonnes métriques d'ici à 2050, contre 6 900 tonnes métriques en 2020, en raison de la croissance de l'utilisation des aimants permanents dans les véhicules électriques et hybrides, les éoliennes et l'électronique grand public.

Figure 16 : Demande annuelle de cobalt pour les aimants permanents

Tonnes métriques



Source : BloombergNEF, Arnold Magnetic Technologies.

Les aimants permanents augmentent l'efficacité des moteurs et générateurs électriques à entraînement direct utilisés dans les véhicules électriques et hybrides et les turbines éoliennes. Ils sont également utilisés dans l'électronique grand public, comme les téléphones mobiles, les ordinateurs portables et les haut-parleurs. Les aimants néodyme-fer-bore (NdFeBo) et samarium-cobalt (SmCo) sont les aimants permanents les plus courants. L'aimant fer-cobalt (FeCo) a également des applications industrielles.

Les aimants SmCo, qui contiennent des quantités importantes de cobalt, sont préférés dans certains cas aux aimants NdFeBo en raison de leur capacité à tolérer une plage de températures plus large et une corrosion plus importante. Les aimants NdFeBo, qui ne contiennent pas une quantité importante de cobalt, offrent une force magnétique plus élevée.

Un autre aimant permanent contenant du cobalt est l'aimant aluminium-nickel-cobalt (Alnico). BNEF a supposé une teneur moyenne en cobalt de 40 % pour les différentes qualités d'aimants Alnico et de 70 % pour le SmCo.

Pour prévoir la demande de cobalt utilisé dans les aimants SmCo et Alnico, nous avons appliqué le taux de croissance de l'industrie au cours de la dernière décennie, projeté par Arnold Magnetic Technologies, et l'avons ajusté pour tenir compte de la croissance prévue dans le secteur de la défense et d'autres utilisations industrielles.

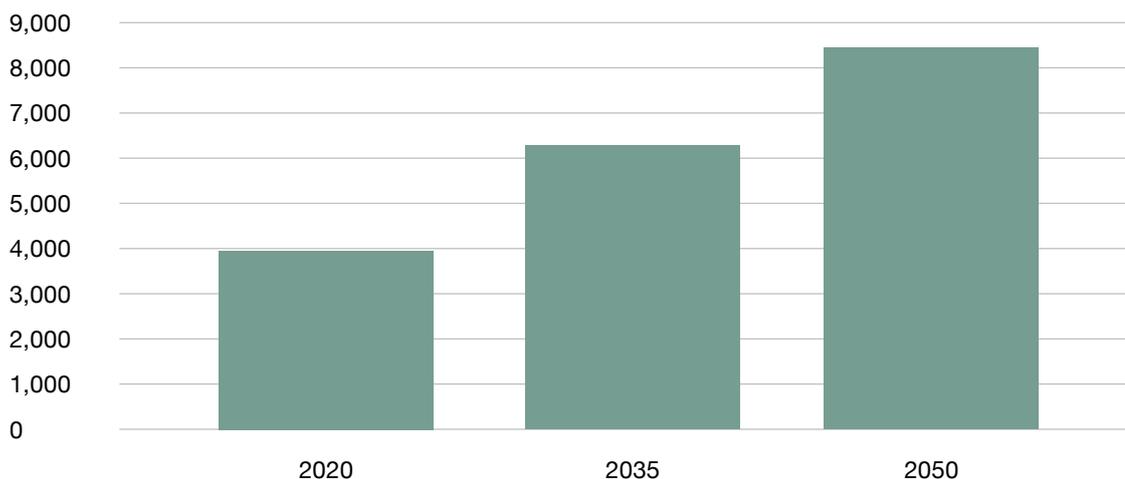
Sur la base de ces taux de croissance, la demande de cobalt pour les aimants Alnico passera de 2 700 tonnes métriques en 2020 à 6 000 tonnes métriques en 2050. La demande d'aimants SmCo passera de 2 400 tonnes métriques en 2020 à 5 000 tonnes métriques en 2050. Les autres aimants permanents sont pris en compte en supposant une consommation supplémentaire de 10 % pour chaque année.

SURFAÇAGE DE RENFORT

- La demande de cobalt dans le secteur du surfaçage de renfort fera plus que doubler pour atteindre 8 500 tonnes métriques d'ici à 2050, contre 4 000 tonnes métriques en 2020.

Figure 17 : Demande annuelle de cobalt pour le surfaçage de renfort

Tonnes métriques



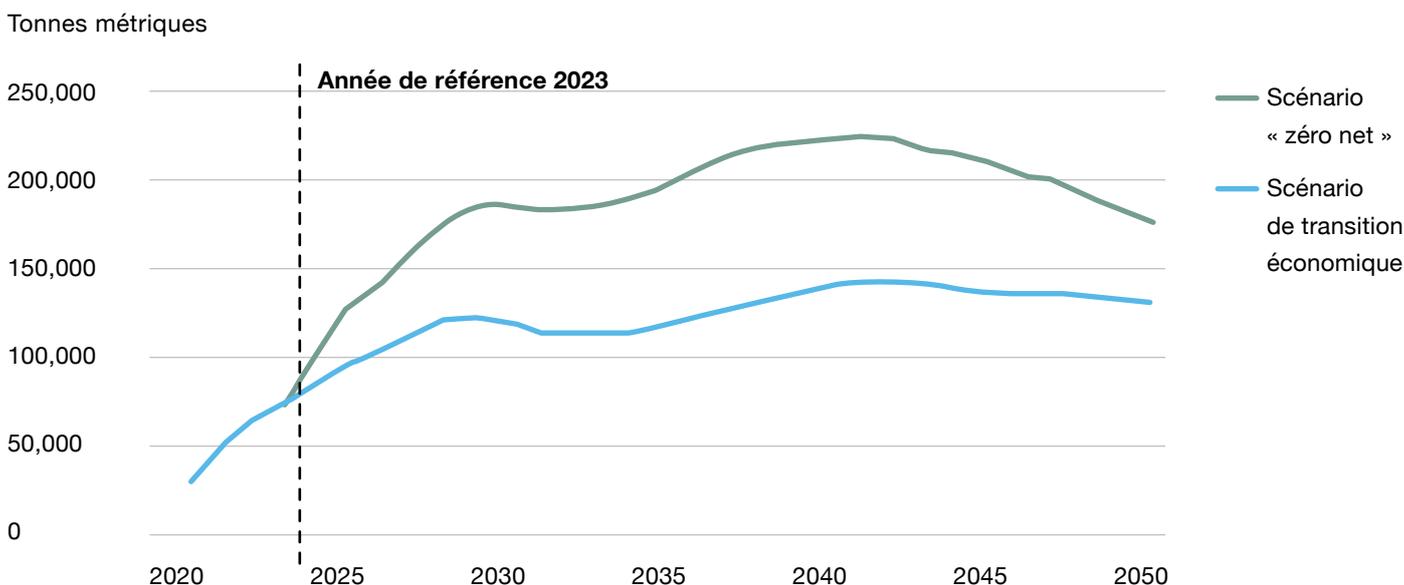
Source : BloombergNEF, Cobalt Institute.

Les matériaux de surfaçage de renfort joueront un rôle clé dans la consommation croissante de cobalt. Il s'agit de matériaux qui sont soudés sur des surfaces afin d'augmenter leur résistance et leur élasticité. Le reste de la décennie sera marqué par un intérêt croissant pour les infrastructures de la part des économies émergentes telles que l'Inde et les pays d'Afrique. Cela entraînera une croissance relativement plus forte de la consommation de matériaux de surfaçage de renfort. BNEF a supposé un taux de croissance de 3 % au cours de cette décennie. Ce pourcentage est ensuite ramené à 2 % jusqu'en 2050, conformément aux tendances macroéconomiques des industries qui sous-tendent les matériaux de surfaçage de renfort.

3.3. SCÉNARIO « ZÉRO NET » POUR LES BATTERIES ET LE COBALT

- L'accélération de la transition énergétique vers le « zéro net » réduira considérablement la quantité de CO₂ émise dans l'atmosphère.
- Pour atteindre ces objectifs de zéro net en 2050, il faudra déployer les batteries à un rythme nettement plus rapide, ce qui signifie que l'on utilisera davantage de cobalt dans les batteries des véhicules électriques et les batteries de stockage stationnaire.
- L'industrie aura besoin d'environ 60 % de cobalt en plus que dans le scénario de transition économique, soit entre 130 000 et 180 000 tonnes métriques de cobalt au niveau mondial d'ici à 2050 pour les VE et le stockage.

Figure 18 : Consommation de cobalt pour les véhicules électriques et le stockage stationnaire, ETS et NZS



Source : BloombergNEF.

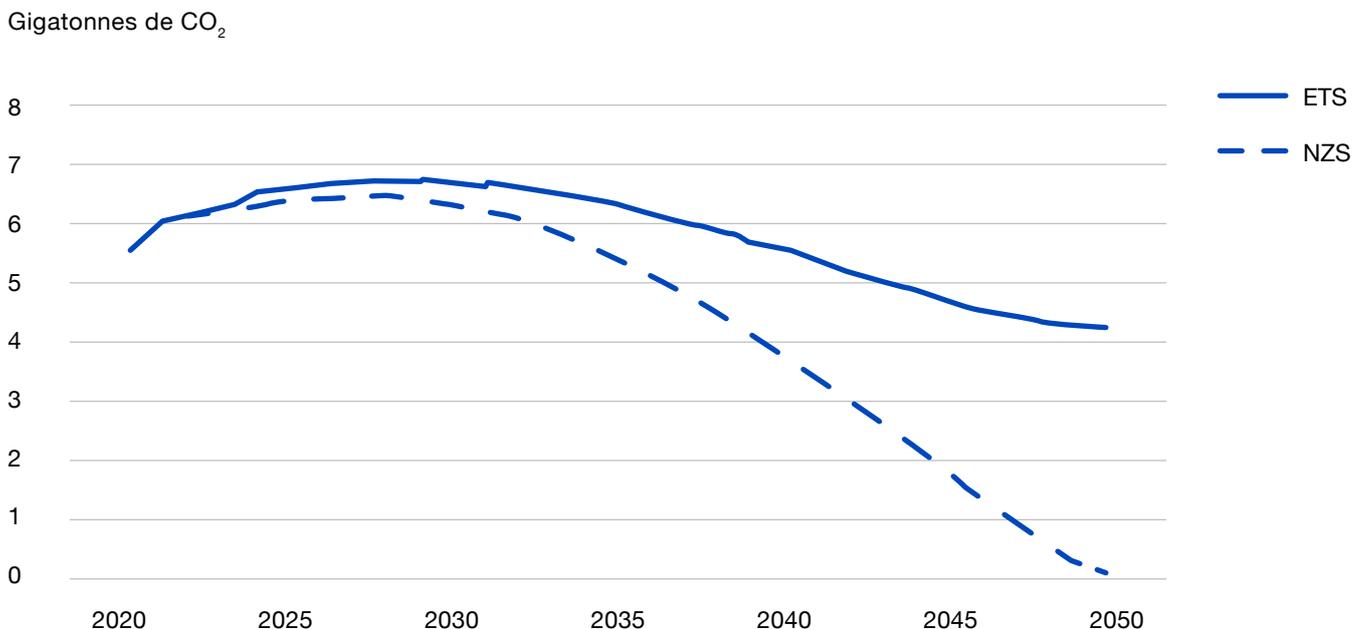
Remarque : ETS correspond au scénario de transition économique et NZS désigne le scénario « zéro net ».

Les objectifs des constructeurs automobiles donnent une idée du niveau d'engagement dans la transition vers les véhicules zéro émission. Les engagements à long terme prennent de nombreuses formes, mais se répartissent globalement en trois catégories : les constructeurs automobiles qui s'engagent à mettre fin aux nouveaux investissements dans les véhicules à combustion interne, ceux qui s'engagent à arrêter progressivement les ventes de véhicules à moteur à combustion interne et ceux qui s'engagent à atteindre des objectifs à long terme de zéro émission nette.

Dans le scénario « zéro net » (NZS) de BNEF, le nombre de véhicules à zéro émission sur la route augmente beaucoup plus rapidement que dans le scénario de transition économique (ETS). Alors que dans l'ETS, le parc de

véhicules de tourisme à zéro émission représente 11 % du parc total en 2030, il atteint 15 % dans le NZS, ce qui représente une différence d'environ 44 millions de véhicules. Dans le cadre du NZS, les émissions de gaz d'échappement atteignent leur maximum en 2027, soit un an plus tôt que dans l'ETS, et continuent de diminuer fortement dans les années 2030, à mesure que de plus en plus de véhicules à moteur à combustion interne sont retirés du parc automobile.

Figure 19 : Émissions de CO₂ à l'échappement dues au transport routier – Scénario de transition économique et Scénario « zéro net »



Source : BloombergNEF.

Remarque : Les émissions de combustibles liquides comprennent les véhicules de tourisme, les véhicules commerciaux et les véhicules à deux ou trois roues. « ETS » correspond au Scénario de transition économique, « NZS » désigne le Scénario « zéro net ».

Si la différence d'émissions d'échappement entre les deux scénarios est initialement minime, elle s'accroît rapidement. D'ici à 2036, les émissions d'échappement du transport routier sont réduites de 1 GtCO₂ dans le cadre du NZS par rapport à l'ETS, avec une baisse de plus de 4 GtCO₂ en 2050.

4. MARCHÉ DU COBALT EN 2050 : INVESTISSEMENTS ET POLITIQUES NÉCESSAIRES POUR LIBÉRER LE POTENTIEL DU COBALT

4.1. INVESTISSEMENTS DANS LES INFRASTRUCTURES

- **Un investissement de plus de 1,7 milliard de dollars est nécessaire d'ici à 2050 pour construire les mines de cobalt nécessaires pour répondre à la demande mondiale de batteries pour le zéro net.**

Le cobalt jouera un rôle essentiel dans le déploiement des batteries nécessaires pour atteindre le zéro net. À l'heure actuelle, il n'y a pas assez de mines de cobalt pour répondre à la demande croissante dans le cadre du Scénario « zéro net » de BNEF. L'industrie aura besoin de 1,7 milliard de dollars d'ici à 2050 pour garantir une quantité suffisante de cobalt.

Cet investissement ne tient pas compte des projets déjà annoncés par les entreprises d'ici à 2035. Le cobalt étant principalement un sous-produit du cuivre et du nickel, l'ajout du coût en capital de l'exploitation des mines pour ces produits primaires augmentera considérablement le montant de l'investissement.

La capacité moyenne d'une mine de cobalt est aujourd'hui d'environ 5 000 tonnes métriques. Pour répondre à la demande de zéro net, l'industrie aura besoin de 30 mines supplémentaires de taille moyenne fonctionnant à pleine capacité d'ici à 2050. La construction de ces nouvelles mines pourrait prendre jusqu'à 10 ans dans certaines juridictions. Il est donc urgent de déployer les capitaux nécessaires aujourd'hui pour éviter les déficits à l'avenir.

4.2. POLITIQUE

- **De bonnes politiques qui encouragent la demande, augmentent l'offre de manière compétitive et donnent la priorité au recyclage permettront au cobalt de jouer pleinement son rôle dans la transition énergétique.**

Les chaînes d'approvisionnement en batteries deviennent un élément central des grandes politiques industrielles en Europe et aux États-Unis, et les gouvernements peuvent jouer un rôle essentiel dans leur relocalisation grâce à des mesures de soutien telles que des crédits d'impôt pour la production de cellules ou de véhicules électriques et la réduction des coûts pour les acheteurs intéressés. Ces politiques soulignent que la localisation de la chaîne d'approvisionnement n'a pas seulement pour but de réduire le risque de dépendance à l'égard de certains pays, mais qu'elle permet également de tirer profit des opportunités économiques associées à l'industrie.

Chine : La fabrication de batteries en Chine doit son essor au soutien des institutions locales et du gouvernement national. L'accès à une main-d'œuvre, à une énergie et à des capitaux moins chers, combiné à un vaste marché intérieur, a renforcé l'avantage concurrentiel des fabricants locaux. Au début, ces avantages étaient significatifs, mais pour les développer, il fallait des subventions. Avant 2010, les incitations accordées aux entreprises de la chaîne de valeur des batteries représentaient jusqu'à 75 % des coûts totaux. Le secteur était bien plus petit qu'aujourd'hui, mais les sommes en jeu se chiffraient probablement en dizaines de milliards de dollars. Si le faible coût de la main-d'œuvre n'est pas le principal avantage concurrentiel de la Chine aujourd'hui, le pays récolte les fruits de décennies de soutien à l'industrie des batteries. Les politiques mises en œuvre aussi récemment qu'au début de l'année 2024 visaient à remplacer les équipements des usines, à réguler le surinvestissement dans l'expansion des capacités afin d'évaluer l'utilisation des usines, et à réduire la dépendance à l'égard d'une stratégie axée exclusivement sur les exportations.

États-Unis et Canada : Aux États-Unis, la loi sur la réduction de l'inflation a été promulguée par le président Joe Biden le 16 août 2022 et représente l'effort le plus important jamais consenti pour renforcer la chaîne d'approvisionnement en batteries dans le pays. Elle a introduit une série de crédits pour soutenir la production, depuis les matières premières jusqu'aux cellules de batteries, aux modules, aux VE et au stockage de l'énergie. Deux des principaux crédits pour les batteries comprennent des crédits d'impôt à la production pour les cellules et les modules à 35 \$/kWh et 10 \$/kWh, respectivement, et un crédit de 7 500 \$ pour les VE. Ces crédits exerceront une pression à la baisse sur les prix des batteries fabriquées aux États-Unis. Dans le même temps, le budget 2023 du Canada a également offert un soutien à l'industrie des batteries et la région attire déjà des investissements liés aux métaux, aux composants et à la fabrication des batteries.

La demande annuelle de cobalt utilisé dans les batteries lithium-ion des véhicules électriques vendus aux États-Unis sera presque multipliée par deux d'ici 2035 et doublera d'ici 2050. Les États-Unis dépendent actuellement de l'Europe et de la Chine pour leurs matériaux précurseurs du cobalt, mais Jervois et Electra Battery Materials développent des projets pour aider à répondre à la demande intérieure américaine. Sans cette nouvelle capacité, la dépendance des États-Unis à l'égard d'autres pays pour le cobalt utilisé dans les véhicules électriques ne fera qu'augmenter.

Europe : Après l'adoption de la loi sur la réduction de l'inflation aux États-Unis, l'UE a réagi en adoptant son propre règlement pour une industrie « zéro net ». La législation proposée a pour objectif de permettre aux fabricants locaux de mettre en place une capacité de production de batteries de 550 GWh d'ici à 2030. Il semble facile d'atteindre cet objectif, car la capacité cumulée de fabrication de batteries annoncée le dépasse. Toutefois, ces chiffres doivent être pris avec prudence : le règlement pour une industrie « zéro net » ne prévoit que peu d'incitations pour garantir la mise en place de ces capacités.

L'Union européenne (UE) a lancé sa législation sur les matières premières critiques (CRMA) en 2023 pour souligner le besoin urgent de renforcer et de sécuriser la chaîne d'approvisionnement en matières premières de l'UE. La législation sur les matières premières critiques (CRMA) propose une série d'objectifs minimaux pour les capacités d'extraction, de traitement et de recyclage de l'UE afin d'augmenter la part de son approvisionnement national. La nature juridiquement non contraignante des objectifs, associée à l'absence de financement direct, signifie que l'Union européenne aura du mal à attirer de nouveaux investissements.

L'UE établira de nouveaux partenariats avec les pays riches en ressources afin de diversifier sa chaîne d'approvisionnement. Mais la concurrence féroce autour des ressources chez les partenaires de libre-échange des États-Unis, comme le Chili, qui permettrait aux véhicules électriques de bénéficier de crédits d'impôt pouvant atteindre 3 750 dollars (la moitié du total disponible) en vertu de la loi américaine sur la réduction de l'inflation, constituera un obstacle pour l'Union européenne.

Des mesures obligatoires de déclaration et de test de résistance seront introduites dans le cadre de la législation sur les matières premières critiques. Si elles sont bien mises en œuvre, ces mesures pourraient changer la donne et permettre à l'Union européenne de contrôler et d'atténuer efficacement les risques liés à l'approvisionnement et de suivre ses progrès par rapport à ses objectifs.

Tableau 2 : Les objectifs de l'UE en termes d'approvisionnement national en matières premières stratégiques

Stade	Approvisionnement cible en pourcentage de la consommation annuelle de l'UE
Extraction	10%
Traitement	40%
Recyclage	25%

Source : BloombergNEF, Commission européenne.

Remarque : Dans le contexte du règlement, le terme « traitement » désigne toutes les étapes intermédiaires de la chaîne de valeur, à l'exclusion du recyclage.

Les politiques de recyclage des batteries sont essentielles à la création d'une industrie durable des batteries et des véhicules électriques. Les gouvernements doivent établir des cadres réglementaires spécifiques pour les batteries utilisées dans les VE et le stockage stationnaire, distincts de ceux qui s'appliquent à l'électronique grand public. En établissant des réseaux de collecte, des exigences en matière de taux de récupération et de traçabilité des éléments individuels, ainsi que des principes de gestion des batteries de seconde vie, ces politiques peuvent mettre en place un système solide supervisant l'ensemble du cycle de vie des batteries de VE.

À ce jour, la Chine reste en avance sur l'UE et les États-Unis en ce qui concerne la mise en place de politiques de recyclage des batteries, bien que l'UE et les États-Unis aient réalisé quelques progrès au cours des dernières années (Tableau 3).

Tableau 3 : Évaluation par BNEF de l'efficacité des politiques régionales en matière de recyclage des batteries de véhicules électriques à partir de janvier 2024

		Accord UE 2023	Chine – Directives nationales pour le recyclage des batteries de véhicules électriques neufs	États-Unis
Exigences en matière de taux de récupération	Cobalt	90%	98%	Sans objet
	Date de début	2027	2018	Sans objet
Traçabilité	Étiquetage	Obligatoire à partir de 2026	Exigée	Sans objet
	Rapport	Obligatoire à partir de 2026	Exigée	Sans objet
Réseau de collecte	Taux	51%	100%	Sans objet
	Date de début	2028	2018	Sans objet
Responsabilité élargie des producteurs		Considérées comme de nouveaux produits	Les réutilisateurs sont responsables de l'étiquetage, de la collecte et du recyclage des batteries de seconde vie	Sans objet
Incitations fiscales gouvernementales		Fabricants, importateurs et distributeurs	Constructeurs automobiles et fabricants de batteries	Sans objet
Incitations fiscales gouvernementales		Sans objet	Sans objet	10 % des coûts de production pour les minéraux critiques et les matériaux actifs des électrodes, et indirectement par le biais des exigences en matière de crédit pour les véhicules électriques

Source: BloombergNEF

4.3. ÉMISSIONS

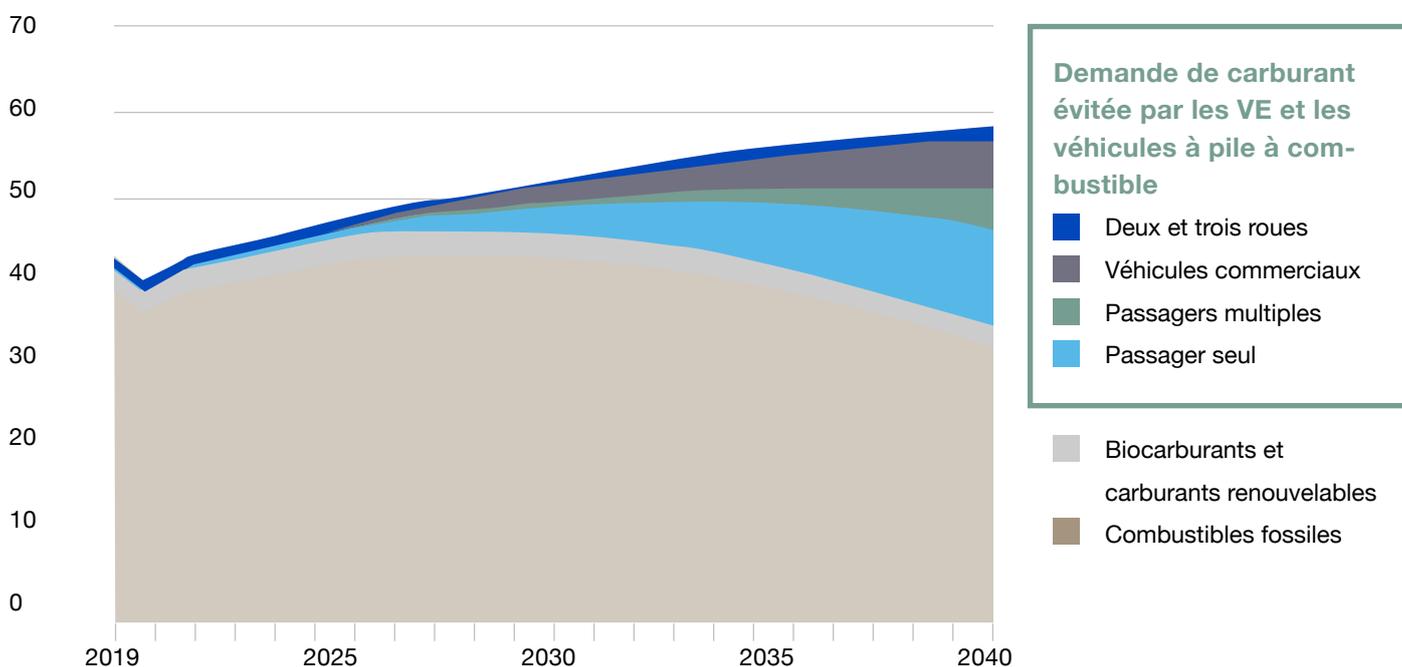
- **Les batteries utilisées dans les véhicules électriques (VE) remplaceront 23 millions de barils de pétrole par jour (Mb/j) d'ici à 2040, ce qui permettra d'éviter 2,7 gigatonnes (Gt) d'émissions de CO₂ la même année.**

Les VE de tous types remplacent déjà près de 1,8 Mb/j de pétrole. Ce chiffre devrait doubler d'ici à 2027 et tripler d'ici à 2029, par rapport aux volumes de l'année dernière. L'orientation vers les kilomètres à faibles émissions fait que la demande de pétrole pour le transport routier atteindra son maximum en 2027 dans notre scénario de transition économique, soit quelque 2,5 millions de b/j de plus qu'en 2023. Sans la croissance des VE et des véhicules à pile à combustible, la demande de carburant routier augmenterait jusqu'en 2040.

L'adoption rapide des VE de tourisme dans des marchés comme la Chine, l'Europe et les États-Unis fera bondir la consommation de pétrole évitée dans les années à venir, car la perturbation du statu quo s'étend au-delà des segments des autobus et des véhicules à deux et trois roues. Dans le cadre de l'ETS de l'UE, la demande de pétrole pour le transport routier diminue de plus de 21 % d'ici à 2040 par rapport aux niveaux de 2023. Dans l'ensemble, 23 millions de barils de pétrole seront remplacés d'ici à 2040 en raison de la pénétration des véhicules électriques, selon le scénario de transition économique de BNEF. Cela permet d'éviter le rejet dans l'atmosphère de 2,7 gigatonnes de CO₂ provenant des émissions des pots d'échappement.

Figure 20 : Demande routière et carburant remplacé par les véhicules électriques et à pile à combustible

Millions de barils par jour



Source : BloombergNEF.

Remarque : Le carburant évité pour les véhicules commerciaux comprend les autobus métropolitains. Le total des carburants fossiles, biologiques et renouvelables ne comprend pas les volumes consommés par les autobus et autocars à moteur à combustion interne (ICE).

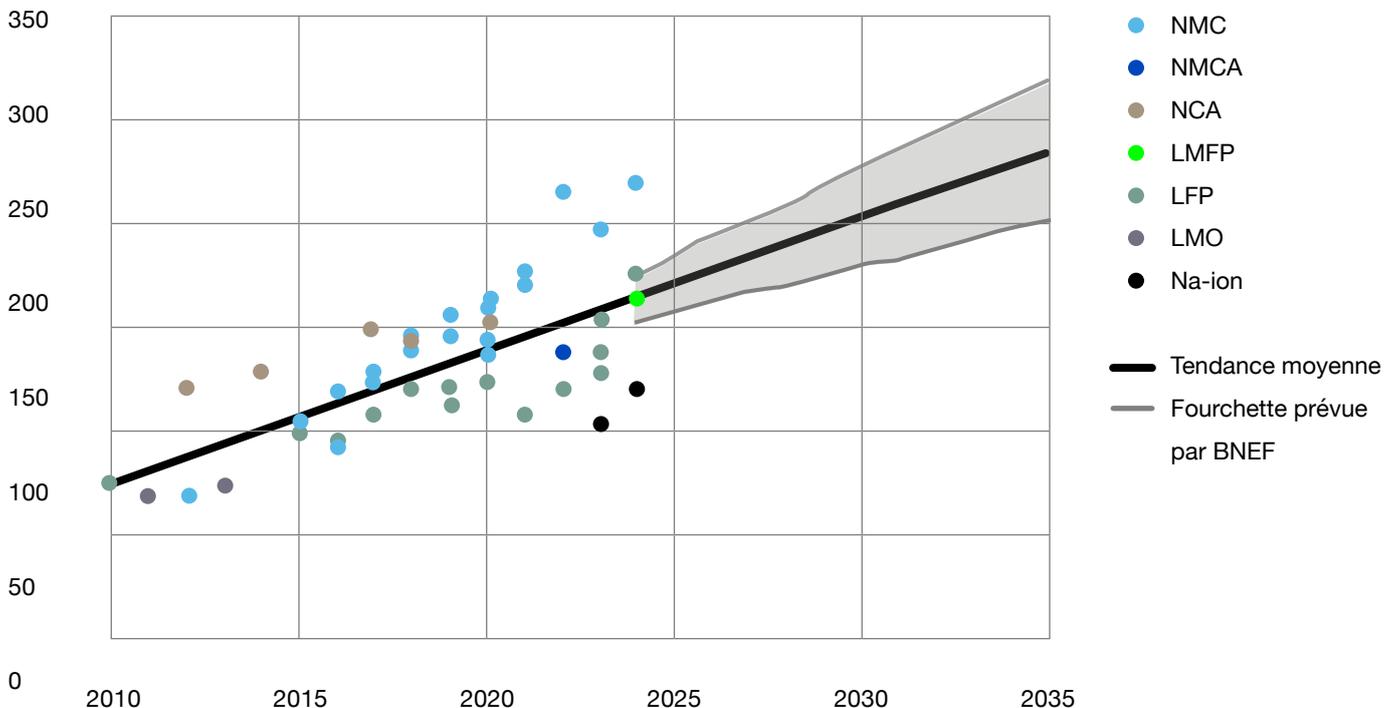
4.4. TECHNOLOGIE

- **Le cobalt restera un élément clé de la chaîne d'approvisionnement des batteries jusqu'en 2050, malgré l'émergence de nouvelles technologies de batteries.**

La densité énergétique moyenne des batteries des véhicules électriques à batterie a plus que doublé depuis 2010, augmentant de 117 % pour atteindre 194 wattheures par kilogramme. L'augmentation de la densité énergétique réduit les coûts de matériaux et de fabrication associés et améliore l'efficacité et l'autonomie d'un véhicule. Les cellules à haute densité énergétique contiennent plus de kilowattheures par unité de poids. Les batteries riches en cobalt ont la densité énergétique la plus élevée.

Figure 21 : Évolution historique et estimée de la densité énergétique des batteries

Wattheures par kilogramme



Source : BloombergNEF.

Remarque : NMC désigne l'oxyde de nickel manganèse cobalt ; NMCA désigne l'oxyde de nickel manganèse cobalt aluminium ; NCA désigne l'oxyde de nickel cobalt aluminium ; LMFP désigne le phosphate de lithium manganèse fer ; LFP désigne le phosphate de fer lithié ; LMO désigne l'oxyde de lithium manganèse ; Na-ion désigne l'ion sodium.

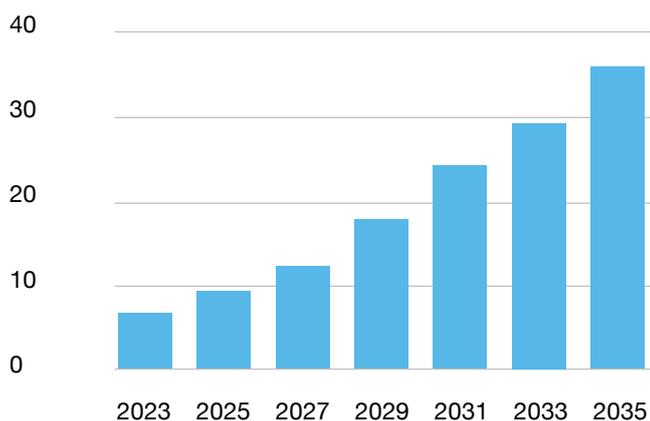
BNEF s'attend à ce que les batteries utilisant le cobalt, comme le NMC, fassent partie intégrante des technologies futures. Ces chimies représentent le segment haute performance du marché. L'adoption de plus en plus fréquente de camions grands routiers et poids lourds électriques servira de moteur à la demande de cobalt. Pour l'instant, les technologies émergentes telles que les batteries sodium-ion ne parviennent pas à répondre au marché de la haute densité énergétique.

4.5. RECYCLAGE

- Les batteries lithium-ion atteignent la fin de leur durée de vie initiale dans les véhicules électriques et les projets de stockage stationnaire après avoir fonctionné pendant environ six à 15 ans.
- Le recyclage peut contribuer à satisfaire jusqu'à 18 % de la nouvelle demande de cobalt d'ici à 2035 pour les VE de tourisme, les VE commerciaux, les e-bus, les véhicules à deux ou trois roues et le stockage stationnaire.
- Toutefois, cela nécessitera des investissements considérables dès aujourd'hui pour s'assurer que l'industrie est correctement préparée.

Figure 21 : Cobalt récupéré grâce au recyclage au niveau mondial

Milliers de tonnes métriques

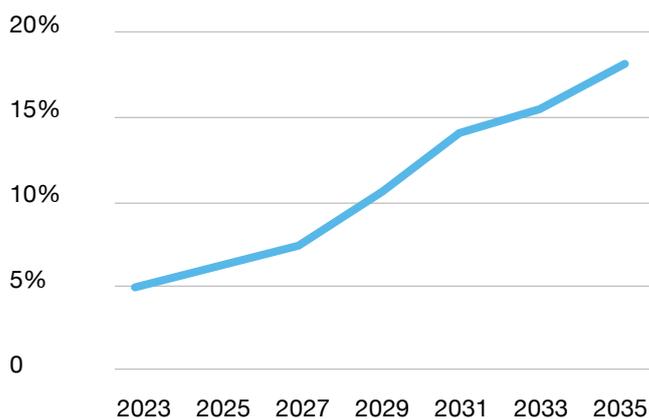


Source : BloombergNEF

Remarque : On suppose que le taux de récupération des métaux est de 95 % pour le cobalt. Les calculs sont basés sur les batteries en fin de vie et la demande de nouveaux métaux pour les VE de tourisme, les e-bus, les VE commerciaux, les deux et trois roues électriques et les secteurs de stockage stationnaire.

Figure 22 : Rapport entre le cobalt récupéré et la demande au niveau mondial

Rapport entre le métal récupéré et la demande annuelle



Source: BloombergNEF

Le recyclage des batteries deviendra une source importante d'approvisionnement en métaux pour l'industrie. Cela pourrait aider les producteurs de cathodes qui recyclent également les batteries à compenser la volatilité des prix au comptant et à alléger les contraintes en matière de ressources, qui ont été particulièrement pressantes au cours des deux dernières années.

La mise au point de technologies de recyclage et le renforcement des capacités de recyclage sont désormais essentiels pour assurer le développement durable des secteurs des véhicules électriques et du stockage stationnaire, et les gouvernements tout comme le secteur privé l'ont parfaitement compris.

Les gouvernements élaborent des politiques visant à réglementer le recyclage des batteries et à préciser la responsabilité des différents acteurs du marché, tandis que les métaux précieux contenus dans les batteries en fin de vie incitent les entreprises de toute la chaîne de valeur des batteries à investir dans de nouvelles capacités de recyclage.

La Chine, qui domine déjà le marché mondial du recyclage des batteries, représentera plus de la moitié des batteries disponibles pour le recyclage chaque année jusqu'en 2035. Cela n'est pas surprenant, car la Chine représente le plus grand marché de VE au monde en termes de ventes cumulées, le plus grand marché de stockage d'énergie stationnaire à l'horizon 2030 et possède plus de 80 % de la capacité nominale actuelle de fabrication de cellules de batterie.

Les ventes de VE dans le pays ont décollé en 2013, lorsque le gouvernement chinois a lancé des mesures d'incitation sous forme de subventions pour promouvoir l'adoption de ces véhicules. En conséquence, nous estimons que d'importants volumes de batteries en Chine ont atteint leur fin de vie en 2023, rendant disponibles plus de 50 GWh de matériaux de batteries.

En **Europe**, la disponibilité à grande échelle (plus de 25 GWh) des batteries en fin de vie n'est pas attendue avant 2027. Les **États-Unis** dépasseront probablement les 25 GWh de batteries disponibles pour le recyclage à partir de 2031.

Le volume de métaux disponibles pour le recyclage dépend à la fois de la quantité de batteries arrivant en fin de vie et de la composition chimique des batteries déployées

Les batteries **au phosphate de fer lithié (LFP)** représentent une grande partie des batteries mises hors service à court terme, principalement parce que les e-bus et les VE commerciaux en Chine privilégient cette chimie. Le LFP a été utilisé dans certains VE de tourisme chinois vendus avant 2017, avant de perdre une partie de sa part de marché. À partir de 2020, son utilisation dans les VE de tourisme a augmenté dans le pays. Cette chimie domine également le marché du stockage stationnaire, car les producteurs chinois de batteries la développent à l'échelle mondiale.

Le LFP devient de plus en plus populaire en Europe et en Amérique du Nord, même s'il lui faudra plus de temps pour pénétrer le marché du recyclage dans ces régions, où l'absence de fabrication locale de LFP se traduit par de faibles volumes de déchets de production. Cette chimie n'a atteint une part de 15 % du mélange chimique régional qu'en 2023, ce qui signifie qu'il faudra encore attendre au moins cinq ans avant que d'importants volumes de cellules en fin de vie ne soient traités.

Le lithium est le matériau le plus précieux des batteries LFP, et c'est ce que la plupart des recycleurs essaient d'extraire. Dans certains cas, les recycleurs récupèrent le matériau précurseur pour produire une cathode de phosphate de fer, puis produisent un nouveau matériau actif de cathode LFP.

Les batteries à **l'oxyde de nickel-manganèse-cobalt et à l'oxyde de nickel-cobalt-aluminium (NMC/NCA)** sont largement utilisées sur le marché des VE de tourisme. Dans les cellules à base de nickel, on observe également une tendance à une teneur plus élevée en nickel, en particulier dans le NMC (955) et le NMC (96Ni)². Le volume des batteries à forte teneur en nickel utilisées dans les VE commerciaux devrait être multiplié par cinq d'ici la fin de la décennie, en raison des économies d'échelle réalisées grâce à l'adoption des VE de tourisme et de la nécessité d'augmenter l'autonomie des véhicules grands routiers.

Le cobalt, le nickel et le lithium sont les métaux précieux à récupérer dans les batteries NMC/NCA. Les deux procédés de recyclage des batteries les plus courants sont la production de sels (sulfate de cobalt, sulfate de nickel) pour chaque élément et la synthèse directe de précurseurs NMC, un produit d'hydroxyde métallique mixte spécifique à chaque cathode.

² Le NMC (955) est composé à 90 % de nickel, à 5 % de manganèse et à 5 % de cobalt. Le NMC (96Ni) est composé à 96 % de nickel, les 4 % restants étant un mélange de manganèse et de cobalt.

La fabrication de précurseurs peut aider les recycleurs à obtenir une prime plus élevée pour leurs produits que la production de sels seuls, bien qu'elle exige un processus de qualification plus strict de la part des acheteurs, ce qui signifie que certaines entreprises préfèrent vendre des sels de métaux de base.

Le carbonate ou l'hydroxyde de lithium sont également produits à partir du processus de recyclage. En 2035, le cobalt provenant de batteries recyclées pourrait représenter 18 % de la nouvelle demande pour les VE de tourisme, les VE commerciaux, les e-bus, les véhicules à deux ou trois roues et le stockage stationnaire. Le mélange chimique étant en constante évolution, le niveau de la demande qui peut être satisfaite par les matériaux recyclés évolue également.

Veillez contacter si vous avez des questions



BloombergNEF

Marina Demidova
Head of Communications

mdemidovaext@cobaltinstitute.org

www.cobaltinstitute.org

Kwasi Ampofo
Head of Metals & Mining

kampofo1@bloomberg.net

www.bnef.com



3rd Floor, 45 Albemarle Street, Mayfair, London W1S4JL UK