

Louvain School of Management

**Impact Environnemental et Sociétal
des véhicules électriques comparé
aux véhicules thermiques.**

Résumé

Ce travail répond à deux questions, quels sont les impacts climatiques et quels sont les impacts sociaux liés aux véhicules électriques ?

Les impacts climatiques des véhicules électriques sont favorables comparativement aux véhicules thermiques, en effet, l'utilisation des véhicules électriques permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre et ce dans tous les pays étudiés, que ce soit l'Europe, les USA ou la Chine, ce travail se concentre sur ces 3 pôles mondiaux, car ils représentent à aujourd'hui plus de 80 % des achats de véhicules électriques. La fabrication et le recyclage des véhicules électriques sont plus polluants que celui des véhicules thermiques, notamment à cause des batteries qui demande l'extraction de nombreux minerais, extraction qui nécessite beaucoup d'énergie et de chimie afin d'arriver aux minéraux finaux. L'empreinte positive est uniquement due à l'utilisation des véhicules, il sera donc d'autant plus vertueux d'utiliser des véhicules électriques dans des pays disposant d'un mix énergétique peu émetteur de carbone, tels que la France et son industrie nucléaire. L'impact écologique de l'extraction des ressources est important, la concentration des ressources dans peu de pays amènera des risques importants pour les populations locales, à la fois en termes d'exposition aux pollutions et de risque d'accès à des ressources essentielles telles que l'eau dans le désert d'Atacama qui est une importante réserve de lithium.

L'extraction minière pose aussi de nombreuses questions éthiques, certains minerais essentiels tels que le cobalt sont extrêmement concentrés dans des pays pauvres tels que la République démocratique du Congo, où les populations ne profitent pas de ces ressources afin d'élever leur niveau de vie, car les exploitations sont principalement détenues par des entreprises étrangères, de plus dans certains pays, le travail des enfants est encore bien trop présent, même si de nombreuses initiatives sont en cours pour que plus aucun enfant ne doit travailler dans des mines. À cela, il faut ajouter la corruption et le laisser-faire des autorités locales, qui entraînent des assassinats de « voleurs » de poubelles des mines industrielles par les multinationales ou les forces de l'ordre.

En Europe, le risque est tout autre, la casse sociale d'un secteur représentant 7 % du PIB de la zone euro et plus de 13 millions d'emplois, en effet les leaders mondiaux des voitures électriques sont l'empire du milieu, car depuis 2009, le gouvernement de Pékin a décidé d'injecter plus de 210 milliards de dollars pour la recherche et le développement tout comme l'industrialisation des voitures électriques à grande échelle. Les constructeurs chinois ont donc un avantage concurrentiel énorme puisqu'ils ont acquis une expérience certaine et des modèles de production bien rodée (en 2025, il est prévu que les constructeurs chinois sortent 90 nouveaux modèles de voitures électriques). Les récentes barrières douanières instaurées par l'UE ne sont, à ce jour, pas suffisantes pour véritablement protéger l'industrie automobile, mais elles permettront et commencent déjà à permettre un transfert de technologie de la Chine vers l'Europe.

Table des matières

Résumé.....	1
Introduction :.....	4
I) Impact climatique de l'utilisation des véhicules électriques	5
A) Cycle de vie des véhicules électrique en Europe	5
B) Analyse du cycle de vie des véhicules électriques aux USA	6
C) Analyse du cycle de vie des véhicules électriques en Chine	8
D) Analyses.....	9
E) Recommandations.....	12
A) Impact climatique de l'extraction des ressources	13
B) Impact climatique du recyclage des véhicules électriques	15
C) Analyses.....	17
D) Recommandation	18
II) Impact sociétal des véhicules électriques.....	19
A) Impact sociétal de la concurrence Chinoise sur l'industrie automobile Européenne .	19
B) Impact de l'électrification des véhicules sur les consommateurs Européens.....	21
C) Les réticences et craintes liées à l'adoptions des véhicules électriques.	24
D) L'impact sociétal de l'extraction minière nécessaire aux véhicules électriques	26
Conclusion	29
Bibliographie.....	31
Annexe 1 : Pollution par pays et richesse des pays	36
Annexe 2	38
Annexe 3	39
Annexe 4 :	40

<i>Figure 1 Empreinte carbone moyenne sur la durée de vie d'une voiture vendue en 2020 Europe – Segment D gCO2e/km</i>	5
<i>Figure 2 : Impact sur le changement climatique : exemple de comparaison entre ICV's et BEV's</i>	6
<i>Figure 3 : Préférence des véhicules suivant le scénario 1 ; (a) GHG émissions</i>	6
<i>Figure 4 : Electricity generation mix in China : (a) historical electricity generation value and (b) future proportion, on a share of energy generation basis.</i>	8
<i>Figure 5 : Poids moyen des véhicules en fonctions des années et des motorisations vendues en France. (Riposseau, 2024)</i>	13
<i>Figure 6 : Champs de lithium dans les salines de Salar de Atacama au nord du Chili. Tom Hegen (Campbell & Duboust, 2022)</i>	14
<i>Figure 7 : Impact Environnemental des procédés de recyclage</i>	15
<i>Figure 8 : processus de fabrication et de recyclage des batteries</i>	16
<i>Figure 9 : Roland Irlle, « Global EV Sales for 2023”, ev-volumes.com, 22 janvier 2024 (Corniou & Alochet, 2024)</i>	20
<i>Figure 10 : (controle-technique.be, 2024)</i>	22
<i>Figure 11 : (controle-technique.be, 2024)</i>	22
<i>Figure 12 : Les corridors du réseau central du RTE-T (Ladislav , et al., 2021)</i>	25
<i>Figure 13 : Infographie des bornes de recharges disponible à travers l'Europe. (TENtec, 2025)</i>	25
<i>Figure 14 : Les petits forçats du cobalt (Simon, 2023)</i>	26
<i>Figure 15 : Pollution par pays et richesse des pays</i>	36
<i>Figure 16 : Pollution par pays et richesse des pays</i>	37
 <i>Tableau 1 :Poids moyen des véhicules en fonctions des années et des motorisations vendues en France. (Riposseau, 2024)</i>	12
<i>Tableau 2 : Environmental Impact Comparison of EV Batteries. (Gowrishankar, 2025)</i>	38
<i>Tableau 3 : Environmental Impact of Recycling Process.</i>	39

Introduction :

Ce TFE aura pour objectif de faire une revue des connaissances des impacts environnementaux et sociaux du passage des véhicules thermiques aux véhicules électriques. Nous allons dans un premier temps voir les bénéfices climatiques des véhicules électriques comparés aux véhicules thermiques. Ensuite, nous verrons les impacts sociaux qui sont liés au passage à une mobilité 100 % électrique.

Pour les enjeux climatiques, nous verrons les principaux continents tels que l'Europe, l'Amérique du Nord, l'Asie pour tout ce qui est de l'utilisation des véhicules électriques, l'Afrique ou l'Amérique latine et une grande partie de l'Asie ne seront pas abordés, car ces pays sont principalement en voie de développement. Ils sont donc parmi les moins polluants au monde par habitant, car très peu d'habitants ont accès à la mobilité individuelle et avec les surcoûts liés à l'achat des véhicules électriques la demande est très faible (voir Annexe 1). Cependant, les pays précités étant souvent riches en matériaux stratégiques pour la fabrication des véhicules électriques (notamment les batteries) nous verrons l'impact climatique associé à l'exploitation des ressources.

Pour les enjeux sociaux, nous verrons l'impact sur tous les continents, puisqu'une dynamique de changement d'hégémonie est en train de se produire. Les USA et l'Europe perdent rapidement des parts de marché et sont rapidement en train de perdre leur avantage concurrentiel au profit des constructeurs Chinois, à la fois sur les technologies embarquées et à la fois sur les niveaux de finition.

Les questions posées lors de ce TFE seront :

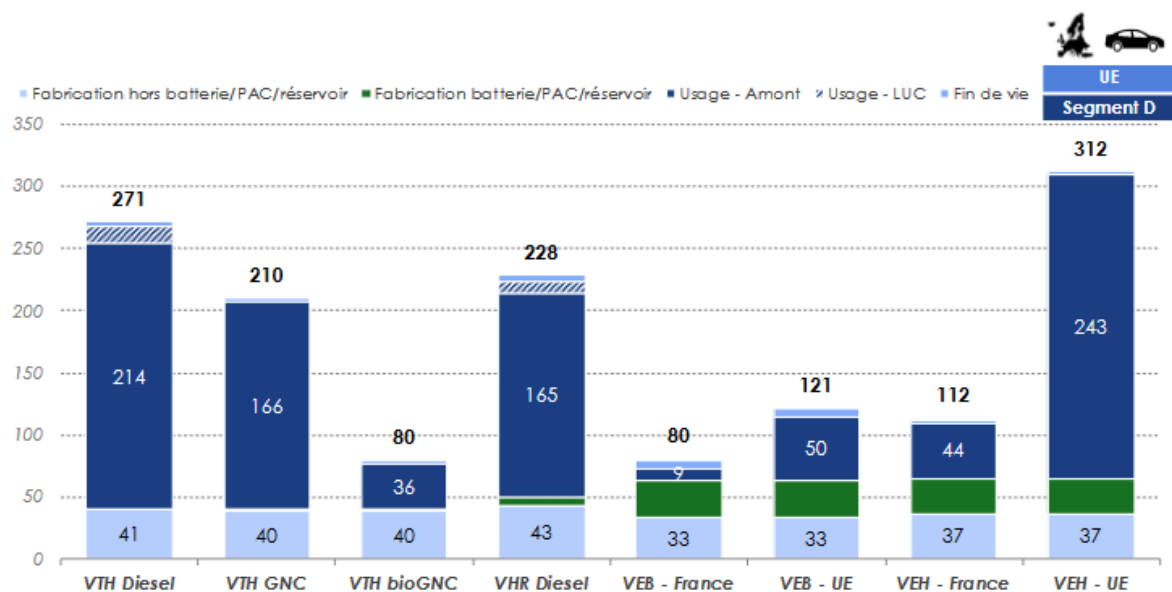
L'impact climatique des véhicules électriques, est-il bénéfique comparé à l'impact climatique des véhicules thermiques ?

Quels sont les impacts sociaux liés à la transformation des parcs de véhicules thermiques vers les parcs de véhicules électriques ?

I) Impact climatique de l'utilisation des véhicules électriques

A) Cycle de vie des véhicules électrique en Europe

Les études montrent que les BEV sont généralement bénéfiques en Europe, avec malgré tout des disparités dans le niveau de réduction des émissions de CO₂ liées aux mix énergétique de chaque pays. Sur ce point, toutes les études ne sont pas d'accord, certaines annoncent des bénéfices pour tous les pays européens quand d'autres sont plus nuancées et constate une potentielle augmentation des émissions de CO₂ liées aux BEV.



Sources : Analyses Carbone 4



Figure 1 Empreinte carbone moyenne sur la durée de vie d'une voiture vendue en 2020 Europe – Segment D | gCO₂e/km

Dans la figure 1, nous voyons clairement que les VEB ou les VEH arrivent en 3^{ème} et 2^d position quant aux émissions de GES. Le meilleur en termes de GES est les véhicules fonctionnant au gaz naturel biosourcé, mais cette ressource étant très limitée, il est fortement conseillé de la garder pour d'autres utilisations telles que le transport routier (Amant, Meunier, & de Cossé Brissac, 2020). Il faut ajouter à cela que l'étude de Carbone 4 considère que la fabrication des batteries est largement alimentée par des énergies renouvelables. Ce qui aujourd'hui n'est pas encore le cas puisque 38 % de l'électricité mondiale est produite grâce au charbon et que les pays fabricants les batteries sont largement alimenté par des centrales au charbon. L'impact de la fabrication est plus important que celui avancé dans cette étude. Dans la figure 2, nous pouvons voir que l'impact climatique est moindre pour les BEV's de seulement 10 % comparé aux ICV's diesel en prenant en compte les mix énergétiques européens et le mix énergétique mondial pour la fabrication des véhicules. (European Environmental Agencies, 2018). L'impact positif sera d'autant plus important que les pays ont une part importante d'énergie renouvelable dans leur mix énergétique.

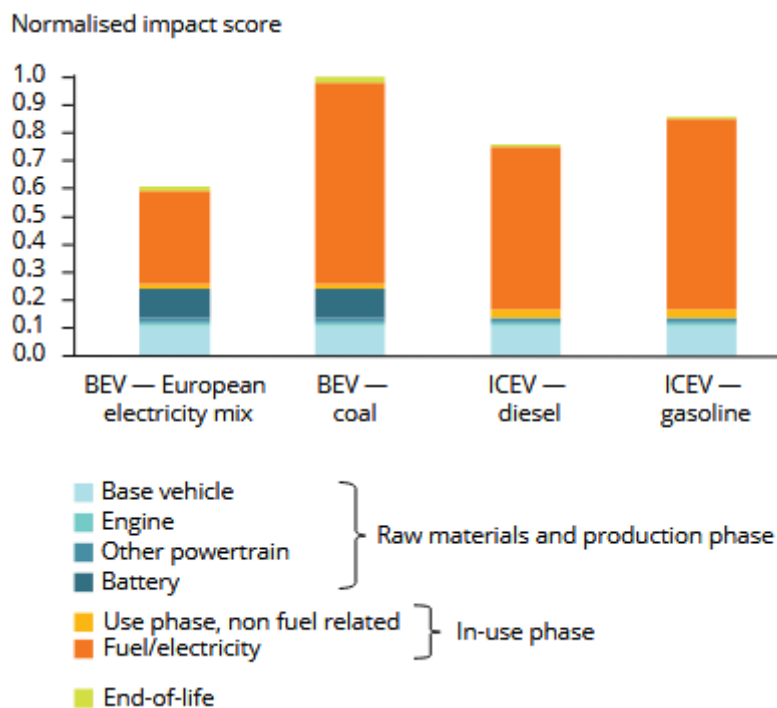


Figure 2 : Impact sur le changement climatique : exemple de comparaison entre ICV's et BEV's

B) Analyse du cycle de vie des véhicules électriques aux USA

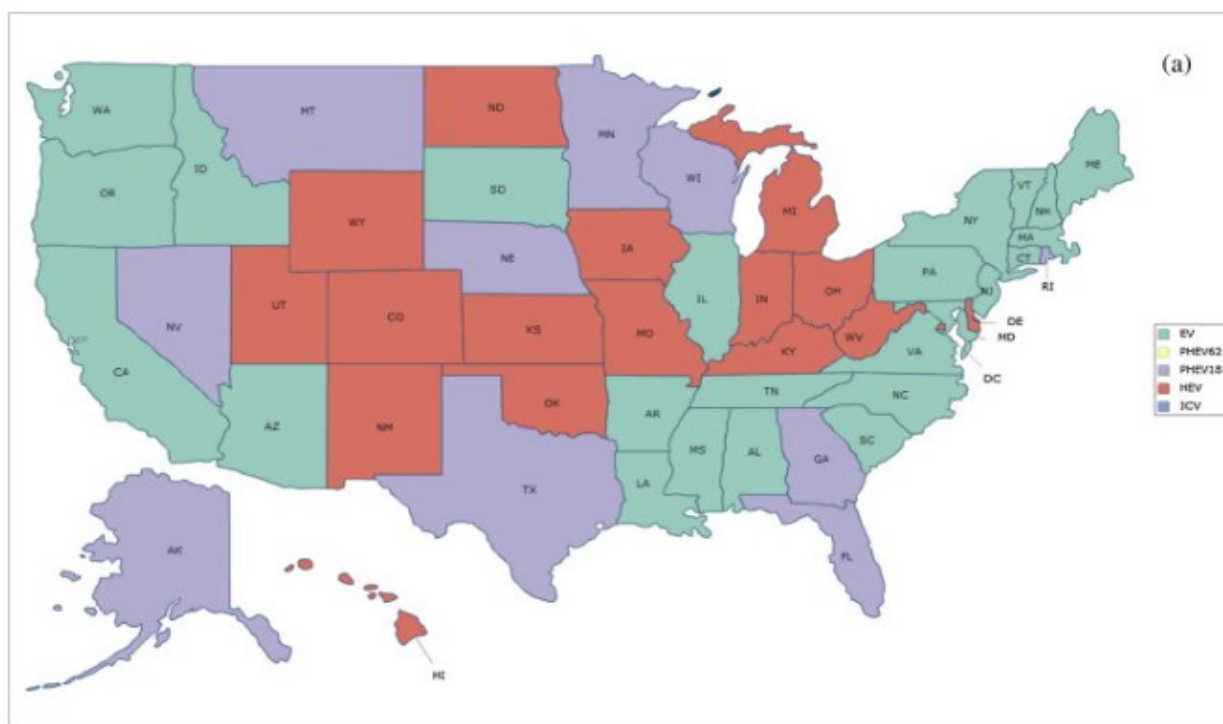


Figure 3 : Préférence des véhicules suivant le scénario 1 ; (a) GHG émissions

Les résultats sont assez identiques entre les USA et l'Europe, les BEVs sont plus efficaces en termes d'émission de CO₂ que les ICV ou les PHEV. Mais cela dépend encore une fois du mix énergétique de chaque État. Dans l'analyse de l'article (Xiaoning, Pengwei, Zhenguo, Rui, &

Yang, 2022), les BEVs sont meilleures de maximum 50 % comparé au PHEVs et ceux sur la période 2018 / 2030, en prenant en compte le mix énergétique existant et les projets futurs d'augmentation ou de remplacement de capacité de production.

L'étude (Onat, Kucukvbar, & Tatari, 2015), il est clairement recommandé de ne changer que 38 % du parc automobile par des BEVs et d'ensuite favoriser les PHEVs ou HEVs et en dernier les ICVs. Cela prouve qu'il faut principalement décarboner la production électrique pour diminuer au maximum les émissions liées aux transports. De plus, on peut voir une grande différence entre les États pour le type de véhicule à promouvoir, il faut donc une stratégie par État et non une stratégie fédérale. Ce qui démontre la complexité dans la décarbonisation du transport, une échelle fine d'études et de décision est nécessaire. Et comme en Europe, la décarbonisation du transport ne pourra pas se faire sans une décarbonisation globale de la chaîne de production d'électricité.

La récente réélection de Donald J. Trump à la Maison Blanche en tant que 47e président des USA va considérablement changer la donne en matière de transition écologique dans ce pays. En effet, le président Républicain est un climatosceptique convaincu, qui a décidé de nombreuses coupe budgétaires dans les sujets de la transition écologique. Il a décidé de retirer à nouveau le pays de l'accord de Paris sur le climat (après l'avoir fait une première fois lors de sa première présidence, Joe Biden le 46e président des USA avait décidé de résigner les accords de Paris). Pour la partie qui concerne ce TFE, Joe Biden avait signé l'Inflation Reduction Act, dont l'objectif est d'encourager au travers d'exonérations fiscales la transition verte des énergies vertes, le développement des véhicules électriques et la fabrication des batteries. Avec comme objectif de 50 à 52 % les émissions de CO2 comparativement à 2005. Avec le budget alloué par l'administration Biden de 1045 milliards sur 10 ans, les experts estiment que la réduction n'aurait été que de 39 %, il aurait donc été nécessaire d'augmenter le budget, mais cela risque de ne jamais arriver à la vue des positions de Donald Trump.

Parallèlement à cela, il est important de signaler que sous Joe Biden, les USA sont le premier producteur de pétrole et de gaz, et les extractions sur le sol fédéral à considérablement augmenté sous son mandat. Donald Trump continuera ou accélérera, mais en aucun cas changera une tendance sur l'extraction pétrolière. (Maille, 2025).

C) Analyse du cycle de vie des véhicules électriques en Chine

Les résultats sont aussi identiques pour la Chine, que pour l'Europe ou les USA. Les BEV ont un avantage quant aux émissions de GHC. De plus, il est prévu par le gouvernement chinois de massivement décarboner leur production d'électricité, qui aujourd'hui est assuré à 50 % par du charbon. Mais d'ici 2050, il est prévu que cette part soit diminuée à 10 % et qu'elle soit remplacé principalement par des énergies renouvelables bas carbone tel que le solaire et l'éolien.

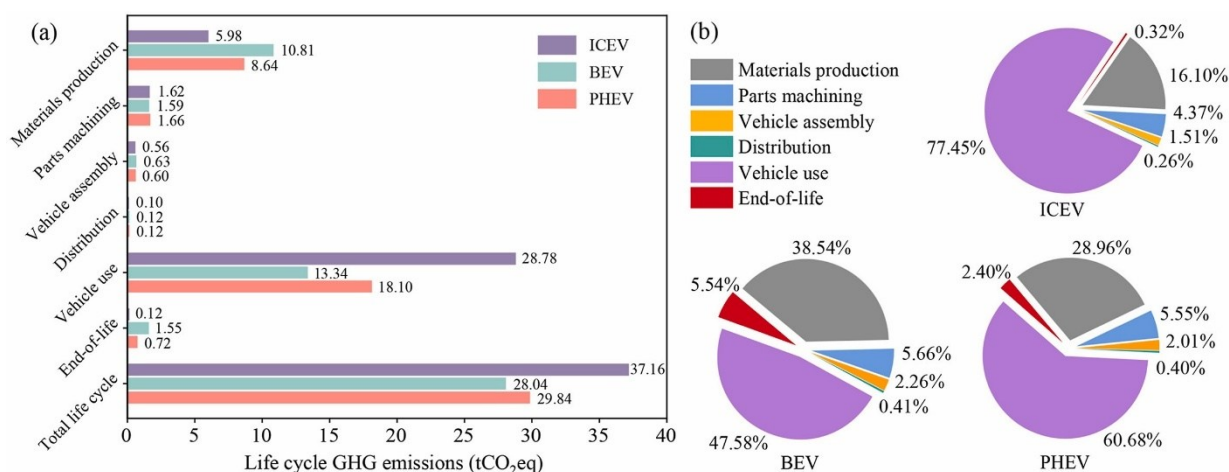


Figure 4 : Electricity generation mix in China : (a) historical electricity generation value and (b) future proportion, on a share of energy generation basis.

Dans l'étude (Yu, Qiang, Bo, Qing, & Qiong, 2024), Nous pouvons voir qu'une BEV construite en 2020 sera plus propre en termes d'émission de GES qu'une PHEV ou qu'une ICEV. Et ce, alors que 50 % de la production d'électricité est assurée par du charbon. EN 2025, un BEV permet d'économiser 20 % de GES, mais d'ici à 2050, ce sera 50 % d'économies de GES. Une des limites de l'étude est le manque d'information au niveau local comme pour les USA, ce qui entraîne un aperçu global des améliorations, mais pas des intérêts d'adopter massivement ou moins massivement des BEV ou des PHEV en fonction du mix énergétique de chaque province.

La Chine a une politique sur les véhicules électriques plus restrictive que celle des USA, mais moins que celle de l'UE, en effet leur objectif était d'atteindre 50 % de véhicule 100 % électriques d'ici 2035, mais grâce aux nombreux investissements réalisés par les constructeurs et Pékin, cet objectif devrait arriver dès 2025. (Renson, 2024)

D) Analyses

La théorie de RSE la plus pertinente pour analyser l'impact climatique des véhicules électriques est la théorie néo-constitutionnaliste, en effet l'Union européenne a décidé en 2023 l'interdiction de la vente de véhicules neufs thermiques qu'ils soient PHEVs, HEVs ou ICVs. Le tout avec une diminution de la part de véhicules thermiques vendus jusqu'en 2035. Les constructeurs doivent absolument réussir à vendre la part de véhicules électriques demandée, sinon ils seront sanctionnés de lourdes amendes représentant plusieurs centaines de millions d'euros si les résultats de vente ne sont pas atteints. Pour ce qui est des USA, il y a des aides sous forme de crédits d'impôt. De plus, ils ont des ambitions de rendre les transports publics zéro émission et des aides aussi sous forme de crédits d'impôt pour ce qui est du transport routier, au niveau fédéral. Cependant, au niveau des États, chaque État émet des recommandations ou des obligations. La Californie, par exemple, veut mettre en place un système identique à l'Union européenne en interdisant la vente d'ICVs. Pour la Chine, il existe aussi de nombreux avantages à l'achat de véhicules électriques pour les consommateurs, et ce, aux niveaux des agglomérations ou de l'État global. Malgré l'impact climatique indéniable, les BEVs peinent à séduire en Europe dû à différents facteurs tels que le prix d'achat largement supérieur à un ICV, la difficulté de parcourir de longues distances sans devoir recharger plusieurs fois, la réticence de certains consommateurs à passer à un nouveau mode de transport, ...

L'Union européenne privilégie beaucoup l'automobile, mais ne développe pas suffisamment les modes de transports en commun. Notamment le transport en train qui est largement plus cher que l'avion ou la voiture alors que le train, comme les BEVs est très décarboné si le mix énergétique du pays l'est aussi et si une grande partie des lignes sont électrifiées (90 % en Belgique, 60 % en Allemagne et en France). De plus, le manque d'accès aux modes de transport en commun pour les habitants des zones rurales (UFC-Que Choisir, service des études, 2024) pose aussi un défi à la fois écologique et économique. Les BEVs étant plus chers à l'achat qu'un ICV, et les populations rurales étant généralement moins riches que les populations citadines, le passage au BEVs pour les populations rurales est donc plus compliqué, alors que ce sont eux les plus gros rouleurs et donc sur eux que l'intérêt de décarboner la mobilité est le plus intéressant au niveau écologique [4]. Enfin, la quantité de bornes de recharge publiques en zone rurale est encore trop faible et nécessite l'installation de bornes de recharge à domicile afin d'être efficace.

Bien sûr, il est indéniable que l'adoption des BEVs est avantageuse écologiquement parlant sur les émissions de GES, mais la pression institutionnelle de la part de l'Union européenne met en grand danger de nombreux constructeurs automobiles Européens qui doivent à la fois investir massivement dans le développement et la production de véhicules électriques en étant fortement dépendants de la Chine sur la production de batteries, tout en risquant d'importantes pénalités financières si les pourcentages de vente de véhicules électriques au

sein de l'Union ne sont pas atteints. Cette pression institutionnelle n'est pas identique pour les autres pays tels que la Chine ou les USA, ce qui amène une distorsion pour les constructeurs et de nombreux désavantages pour les constructeurs automobiles européens, qui sont actuellement en train de faire de nombreux plans de restructuration tout comme leurs sous-traitants. L'UE a d'ailleurs répondu à cette concurrence venue de Chine par une augmentation des taxes douanières après contrôle de l'implication du gouvernement chinois dans l'attribution d'aides publiques aux différents constructeurs chinois de voitures électriques (Représentation en France, 2024). Cela amène à voir deux visions et deux politiques publiques s'affronter, celle de l'UE et celle de la Chine. L'UE a tablé sur la concurrence et les obligations légales afin d'obliger les constructeurs à diminuer drastiquement les émissions de CO2 des nouveaux véhicules mis sur le marché, en obligeant une technologie imparfaite et impliquant une forte dépendance de ressource et technologie contrôlée par la Chine (Leclercq, de la technologie chinoise dans les Volkswagen électriques, 2023) ; (Harold, 2024). Le tout sans préparer la transition suffisamment avec les constructeurs Européens ou sans prendre suffisamment en compte la réticence des consommateurs à passer à l'électrique (Klaas, 2024) ; (Transitions Energies, 2024). Cette mauvaise anticipation du marché et cette mauvaise préparation des obligations entraînent de nombreux problèmes, à la fois pour l'emploi et l'atteinte des objectifs en 2050 afin de décarboner complètement le transport au sein de l'UE. Quant à la Chine, la pression institutionnelle est tout aussi forte, mais elle s'accompagne d'un accompagnement important de la part du gouvernement aux constructeurs avec de nombreuses aide financières (Transitions Energies, 2024). De plus, leur stratégie est orientée sur la technologie et la détention à la fois des ressources, des brevets, des savoir-faire et de la production des véhicules. Cette stratégie permet aux constructeurs chinois d'inonder le marché de nouveau véhicule à des tarifs très compétitif car largement subventionné par l'état chinois. Mais cela remet en question l'essence même de l'utilisation des véhicules, un grand nombre de modèles est lancé par les différents constructeurs chinois afin de séduire un maximum de consommateur, une qualité de véhicule pas toujours aussi bonne que celles de constructeurs historiques et intrinsèquement une obsolescence programmée des véhicules plus rapide et un renouvellement du parc bien plus rapide que celui des véhicules thermiques, notamment par l'intégration de nombreuses technologie électronique. L'inondation du marché des véhicules électriques par les marques chinoises ressemble presque à l'inondation des marques de fast fashion chinoise (Shein, Teemu, etc.), ce qui n'est clairement pas un but à atteindre en termes de réduction des émissions de CO2 des véhicules. La meilleure solution pour réduire notre empreinte carbone est indéniablement la diminution de consommation d'énergie, quel que soit son mode de fabrication, ce que l'UE encourage, mais à demi-mots, les politiques publiques et les incitations à la baisse de la consommation ne sont pas autant mise en avant que l'achat de nouveaux véhicules. Il faut ajouter à cela le fait que le transport de passager par voiture pollue, mais n'est pas le plus gros consommateur de pétrole routier et

n'est donc pas le plus gros pollueur du secteur, nous pouvons ici prendre en exemple la Norvège qui a un parc de BEV's ou PHEV's plus important que de celui des ICV's, pourtant les consommations de carburant pétrolier entre 2016 et 2023 ont baissé de 10 % (Doche, 2023). Il est évident que cette baisse est bénéfique pour l'environnement, mais les efforts et les avantages financiers consentis pour arriver à une réduction de seulement 10 % auraient peut-être amener de meilleurs résultats.

E) Recommandations

1. Il faut augmenter la part de véhicules électriques selon le mix énergétique de chaque pays, il faut donc étudier pour chaque pays quel est la part idéale de véhicules électriques qui permet de maximiser la diminution des émissions de GES.
2. Optimiser la chaîne de production des BEVs afin de diminuer au maximum l'impact climatique de l'extraction et la fabrication des véhicules. En effet, une BEVs est plus émettrice de GES lors de sa fabrication qu'une ICVs.
3. Diminuer la masse des véhicules, car des véhicules plus légers demandent moins de ressources, moins d'électricité ou d'essence pour les recharges/pleins. De plus, une part non-négligeable des GES émis par les véhicules ne provient pas forcément des moteurs, mais des pneumatiques ou des freins lors des phases de freinage.

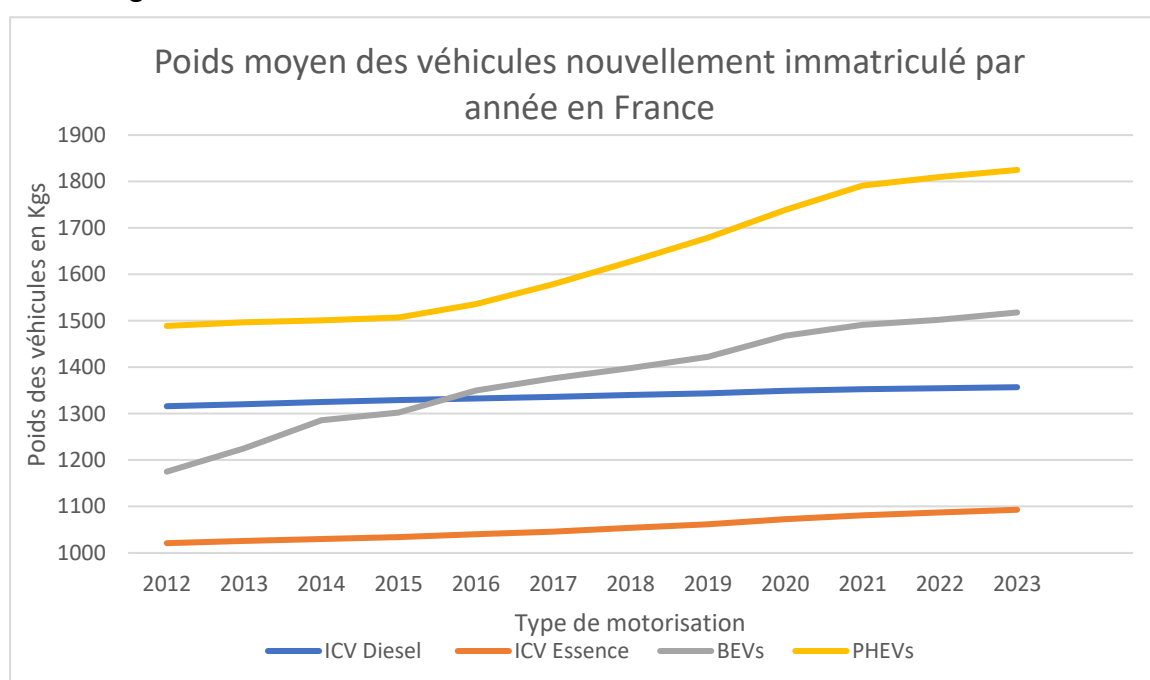


Tableau 1 : Poids moyen des véhicules en fonctions des années et des motorisations vendues en France. (Riposseau, 2024)

4. Augmenter la part des trajets et l'accessibilité des transports en commun afin de maximiser la diminution des émissions de GES en favorisant les transports tels que le train.
5. Décarboner au maximum le mix énergétique des pays afin d'augmenter l'impact positif des BEVs et des modes de transports électriques.
6. Diminuer la pression législative en Europe afin de ne pas créer une crise sociale en plus des crises climatiques à venir. Plus d'un million d'emplois dans l'industrie automobile sont menacé (sur un total de 15 millions environ) au sein de l'UE. Il faut donc revoir la législation, à la fois pour limiter la concurrence déloyale Chinoise, promouvoir d'autres modes de transport, faciliter l'accès à la mobilité décarbonée (réduction d'impôts, prime à la casse, etc.), et il y a un gros volet d'information pour convaincre un grand nombre de consommateurs encore récalcitrants.

A) Impact climatique de l'extraction des ressources

Dans la figure 3, nous pouvons voir que l'impact climatique de la fabrication des matériaux est plus de 2 fois supérieur pour les BEV que pour un ICV. En partie due à l'extraction plus importante de ressources minières telles que le lithium et les terres rares nécessaires aux batteries et aux moteurs électriques.

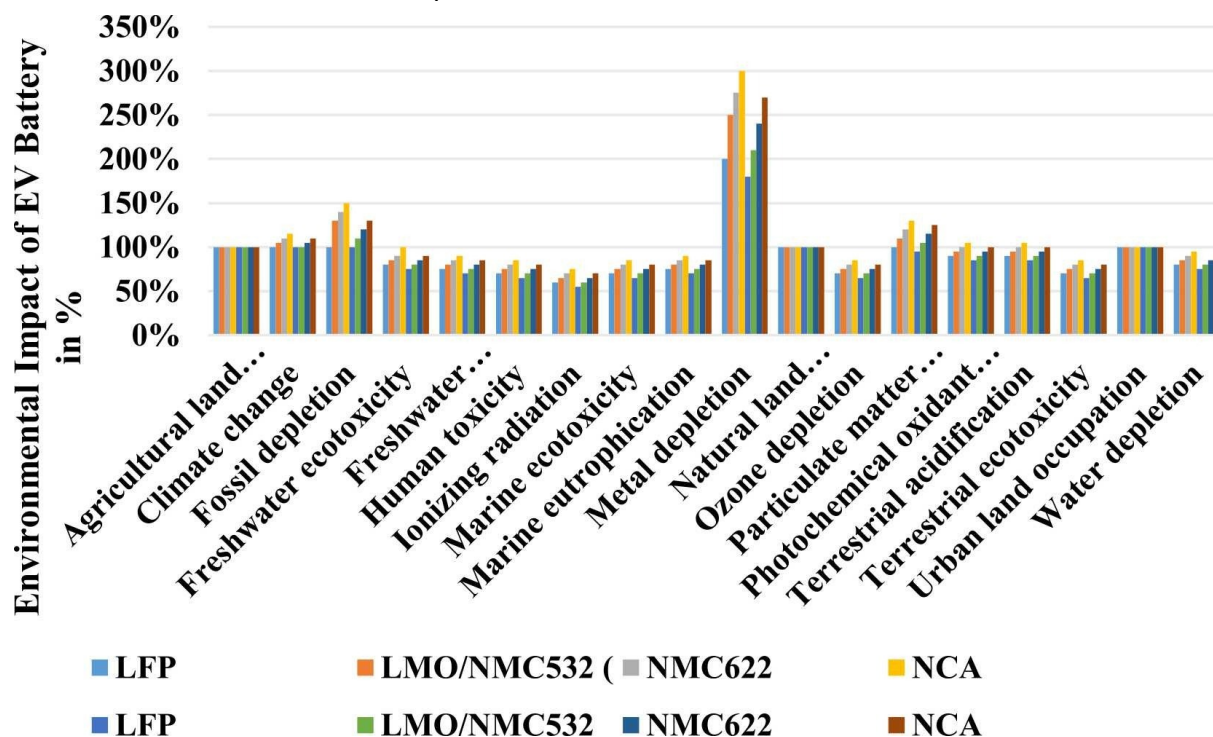


Figure 5 : Poids moyen des véhicules en fonctions des années et des motorisations vendues en France. (Riposseau, 2024)

La figure 5 et le tableau 2 de l'annexe 2 mettent en évidence les avantages et les inconvénients de chaque technologie de batterie à des avantages et inconvénients concernant différents impacts environnementaux. Dans l'étude (Gowrishankar, 2025), la base de calcul a été établie sur une base 100 pour les batteries LFP. On peut constater que toutes les technologies sont très gourmandes en métaux et en énergie fossile, ce qui pose la question des pénuries de matières premières et donc de compromettre l'électrification du parc automobile. Toutefois, il aurait été intéressant d'étudier l'impact des véhicules thermiques pour avoir une comparaison avec les véhicules les plus vendus actuellement. De plus, l'extraction et le raffinage des métaux nécessaires à la fabrication des batteries demandent une grande quantité d'eau, souvent dans des régions arides telles que les déserts d'Atacama au Chili ou dans de nombreux pays d'Afrique. L'accès à l'eau est aujourd'hui en concurrence avec une utilisation par les populations locales pour s'alimenter, et fortement pollués par les méthodes d'extraction et de raffinage des métaux. À cela s'ajoute la nécessité d'augmenter drastiquement les quantités produites dans les 2 prochaines décennies pour répondre à la demande en ressources. (Gowrishankar, 2025) (La demande en lithium sera multipliée par 4 entre 2010 et 2030.).



Figure 6 : Champs de lithium dans les salines de Salar de Atacama au nord du Chili. Tom Hegen (Campbell & Duboust, 2022)

Pour répondre à la demande en lithium, d'immenses mines à ciel ouvert, comme sur la photo ci-dessus. Malgré ses couleurs agréables à l'œil, les conséquences d'une extraction minière sont de plus en plus visibles, comme ici au nord du Chili, dans une région très aride et avec une concentration en lithium importante. Les différentes couleurs indiquent la concentration en chlorure de lithium, le bleu étant la concentration la plus faible et le jaune soutenu étant la concentration de « récolte » avec une concentration de 6 %. Chaque piscine est évaporée pour séparer les différents éléments auxquels le lithium est attaché, car ce dernier est hautement réactif à son état naturel et se trouve uniquement assemblé à d'autres éléments sur Terre (chlorure de sodium, magnésium, potassium, calcium, etc.). Il faut donc précipiter chacun des éléments pour arriver aux taux de pureté de 6 % avant de passer à des processus plus lourds pour augmenter sa pureté (Hodson, 2015). Cette extraction entraîne une consommation importante d'eau afin de pouvoir concentrer les sels de lithium et de pouvoir les « récolter » avant de les envoyer en Chine ou ailleurs dans le monde pour les étapes de raffinement. Cette consommation, élevée en eau, entraîne de nombreux conflits entre les industriels et les populations locales qui n'ont plus ou presque plus accès à des sources d'eaux souterraines qu'elles utilisaient depuis plusieurs siècles. Pour produire une tonne de lithium, il faut utiliser 2.2 millions de litres d'eau, soit l'équivalent de la consommation journalière d'environ 15 000 personnes. De plus, beaucoup de contrats d'extraction passés entre les autorités et les entreprises étrangères bénéficient rarement aux populations locales, cette partie sera abordée dans la partie 3.

B) Impact climatique du recyclage des véhicules électriques

Une fois la fabrication et l'utilisation effectuées, il faut recycler les batteries qui contiennent de nombreux kilos de métaux précieux. Ce recyclage est nécessaire pour éviter la contamination des sols et de l'eau lors du stockage ou du retraitement des déchets, mais aussi afin de diminuer la pression sur l'extraction des matières premières. Mais ce recyclage n'est pas sans être complexe et coûteux en terme financier, énergétique et environnementaux.

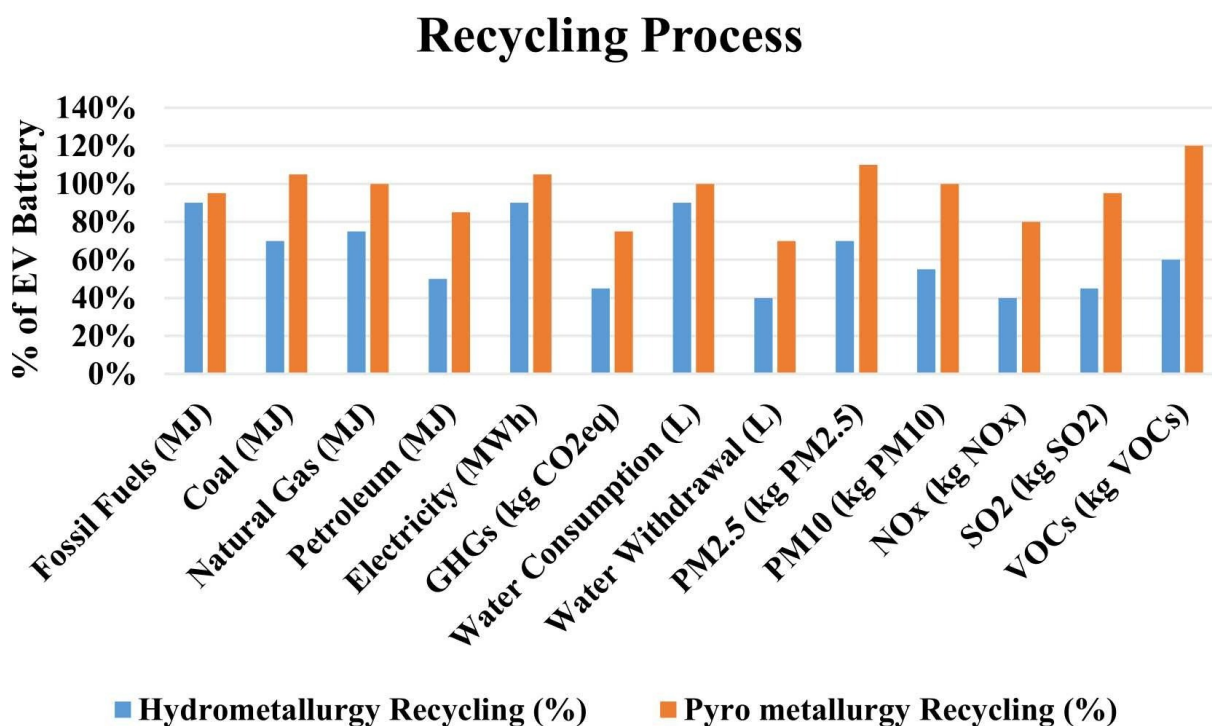


Figure 7 : Impact Environnemental des procédés de recyclage

Dans la figure 7 et l'annexe 3, nous pouvons voir l'impact environnemental des deux procédés couramment utilisés pour le retraitement des batteries. Nous pouvons voir que ces derniers sont à la fois émetteurs de CO₂, mais aussi d'autres gaz à effet de serre tels que le NO_x, le SO₂ et les VOCs qui ont des pouvoirs de réchauffement global largement supérieurs au CO₂ (298 fois supérieur pour le NO_x). (Jancovici, 2007). Une fois de plus dans la figure 7 et le tableau 2, il n'est pas mis en comparaison le recyclage des véhicules thermiques. Malgré tout, il serait possible de limiter plus fortement l'impact climatique du recyclage en allongeant la durée d'utilisation des batteries. Une fois ces dernières dans l'incapacité d'alimenter un BEV's (à partir de 30 % de sa puissance en moins), il serait possible de faire du stockage d'électricité verte et intermittente tels que le solaire et l'éolien afin de maximiser la production d'électricité bas carbone. Malgré tout, le recyclage des batteries nécessite de nombreuses ressources et technologies diverses, la technologie d'hydrométallurgie consiste à séparer deux éléments en les mélangeant dans deux solutions différentes non-miscibles pendant un temps suffisant pour transférer de la phase d'alimentation vers le solvant, une seconde opération est nécessaire

pour séparer les matériaux, soit en utilisant un système de gravité (décantation) auquel on peut y ajouter une force centrifuge ou un champ électrique (Xuan, 2022).

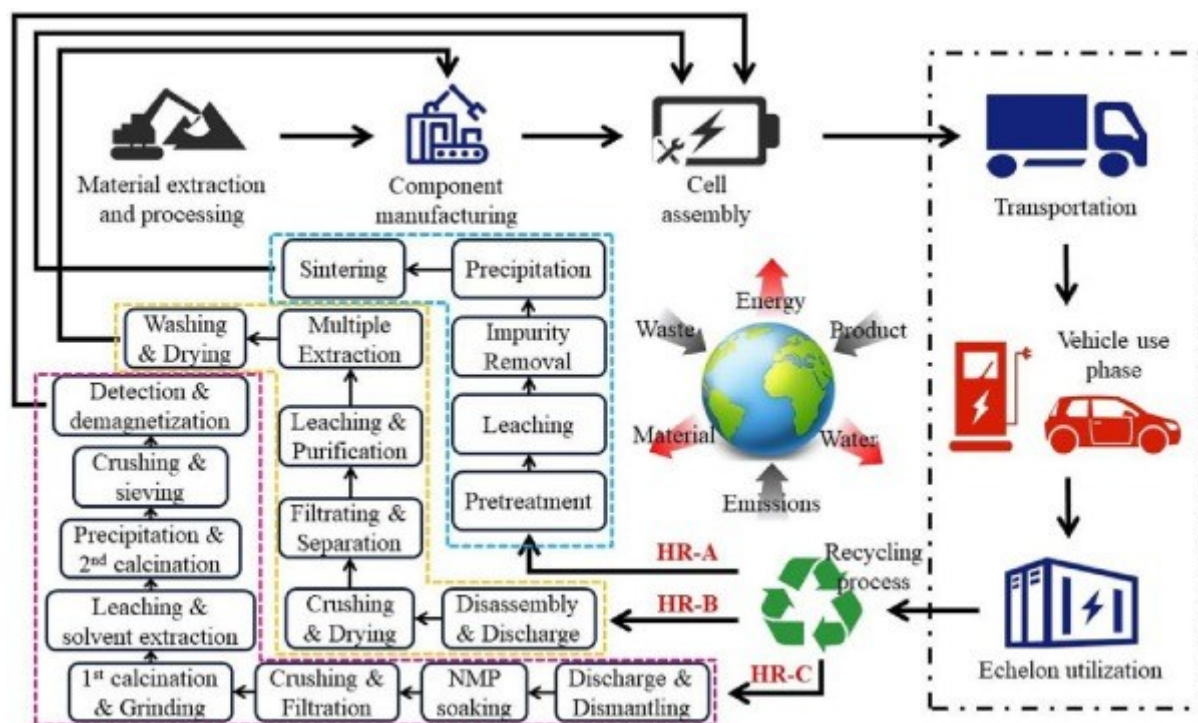


Figure 8 : processus de fabrication et de recyclage des batteries

La figure 8 (Quanwei, et al., 2023), montre que les processus d'extraction et de recyclage sont très complexes. Cette même étude permet de compléter l'impact environnemental du recyclage versus la fabrication de batteries neuves. L'impact est largement meilleur pour le recyclage, à condition que ce dernier se fasse dans de bonnes conditions et soit maîtrisé, car de nombreuses contaminations peuvent se produire pendant les cycles de recyclage, avec des impacts environnementaux importants. Il y a donc un intérêt écologique non-négligeable à mettre en place des stratégies de recyclage des batteries des BEV's, car ces dernières permettent de réduire de manière significative l'émission de gaz à effet de serre. Pour le reste des composants, le recyclage est identique aux véhicules thermiques, car les voitures sont fondamentalement fabriquées de la même manière et avec les mêmes matériaux qu'elles soient électriques ou thermiques.

C) Analyses

Nous avons vu que l'impact climatique de l'extraction des ressources et de son recyclage est non négligeable. Il faut donc optimiser les technologies de batteries afin de diminuer au maximum les consommations d'énergie et l'impact environnemental de l'extraction et de la transformation des ressources. Tout comme il faudra optimiser le recyclage des batteries, lui aussi à la fois très énergivore et polluant, soit avec des matériaux ou des procédés de recyclages moins polluants, soit en allongeant la durée d'utilisation des batteries afin de minimiser l'impact de la fabrication et du recyclage. Comme vu dans la partie B, une réutilisation des batteries électriques usées des BEV's est possible et permettrait de limiter les pics de production d'électricité verte en la stockant à des tarifs faibles et en permettant le lissage entre production et consommation d'électricité bas carbone, ce qui serait positif sur l'impact carbone des BEV's, car nous avons déjà vu qu'une grande part des émissions de GHG est liée au mode de fabrication de l'électricité. De plus, dans cette partie, se dessine un autre aspect non pris en compte jusqu'à maintenant la remise en question de notre mode de consommation des véhicules. En effet, nous avons vu qu'aucune solution n'est parfaite et polluera toujours l'environnement, de ce fait, il est nécessaire de se poser la question de l'utilité d'avoir une berline ou un SUV de plus de 2 tonnes afin de faire des déplacements qui auraient pu être couverts par un autre moyen de transport tel que la marche, le vélo ou les transports en commun. De ce fait, peu importe les technologies utilisées pour diminuer l'impact des véhicules sur l'environnement, ce dernier ne sera toujours plus important que l'utilisation de mode de transport vertueux tel que la marche ou le vélo. C'est donc toute une consommation à repenser et un mode de vie à totalement changer. En effet, l'apparition de l'automobile nous a permis de nous étendre sur de grandes surfaces tout en ayant un mode d'accès rapide et fiable à nos lieux de travail ou de vie. Dans l'article (Chazouillères, 2017), nous pouvons voir que depuis les années 2000, les prix au m² explosent par rapport au pouvoir d'achat des Français, cette démarche oblige les foyers avec les plus faibles revenus à vivre un exode urbain afin d'aller toujours plus loin dans les zones péri-urbaines afin d'être en mesure de se loger à des prix abordables. Cet exode est largement amplifié par la disponibilité des voitures peu importe leur technologie. De plus, un grand nombre de lignes de train ou de bus sont supprimées faute d'utilisateurs dans les zones rurales, ce qui induit une dépendance totale à la voiture pour un grand nombre de personnes (Beyer, 2021). Les politiques du contexte d'après-guerre favorisant l'utilisation de la voiture au détriment des transports en commun nous obligent aujourd'hui à une difficile remise en question de ce modèle et une décroissance obligatoire afin d'assurer une pérennité à notre actuelle civilisation mondialisée. De plus, les véhicules électriques embarquent de nombreuses technologies du fait de leur prix élevé d'achat, ce qui entraîne une attente de plus en plus élevée des consommateurs en termes de confort et d'assistance. Mais cette augmentation de confort va à l'encontre du principe de sobriété qu'il faut adopter pour diminuer suffisamment notre impact sur

l'environnement. Enfin, de par leur tarif plus important et leur âge faible, le parc de BEV's est renouvelé 3 fois plus vite que celui des ICV's, ce qui va aussi à l'encontre du principe de sobriété, même si cette tendance devrait tendre vers ce qu'il se passe pour les ICV's, il est intéressant de voir dans les 5 prochaines années l'évolution de la tendance. (CEREMA, 2024)

D) Recommandation

1 : Travailler sur les technologies des différentes batteries afin d'allier les performances énergétiques pour les véhicules et faible impact environnemental de leur fabrication.

2 : Améliorer les techniques de recyclage qui sont, à ce jour, énergivores et nécessitant de nombreuses étapes, dont l'utilisation de nombreux produits chimiques et d'eau, avec un risque non-négligeable de contamination des eaux, sols et de l'air lors des processus de retraitement.

3 : Penser à la réutilisation des batteries des véhicules, notamment pour le stockage d'énergies bas carbone qui permettrait d'augmenter la durée de vie des batteries avant recyclage et donc de minimiser leur impact dû à leur fabrication, et permettrait d'avoir des capacités de production bas carbone excédentaires par rapport aux besoins du réseau afin de diminuer au maximum l'impact de l'utilisation des BEV's

4 : Remettre en question notre mode de consommation des véhicules, en effet aujourd'hui les ICV's ont un âge moyen de 12 ans quand les BEV's ont un âge moyen de 4 ans. Il sera donc intéressant de voir l'évolution dans le temps de cet indicateur, car si l'âge moyen des BEV's n'augmente pas, c'est d'autant plus de ressources à extraire et donc à raffiner et recycler en fin de cycle de vie, ce qui aura un impact négatif sur le potentiel de réduction des GHC par les véhicules thermiques.

5 : Travailler sur l'extraction des matières premières très énergivores, consommatrices de quantités énormes d'eau et détruisant des espaces naturels gigantesques pour répondre à la demande mondiale en ressources. Ce point rejoint le 1er, car une chimie de batterie plus saine et moins consommatrice en ressources permettrait de diminuer les impacts de l'extraction sur l'environnement.

II) Impact sociétal des véhicules électriques

A) Impact sociétal de la concurrence Chinoise sur l'industrie automobile Européenne

L'industrie automobile Européenne est la seconde plus importante du monde après celle Chinoise, 12,1 millions de véhicules pour l'UE, derrière la Chine (25,3 millions), mais largement devant les États-Unis (7,6 millions), le Japon (7,7 millions), l'Inde (4,6 millions) et la Corée du Sud (3,9 millions) (Corniou & Alochet, 2024). L'Europe a toujours été une terre d'automobile (voir annexe 4) et compte aujourd'hui plus de 13 millions d'employés dans ce secteur, pour 7 % du PIB de la zone euro (le Monde et AFP, 2025). Les employés de ce secteur se découpent comme suit :

- La production directe 2.435.000 d'emplois
- La production indirecte 665.000 d'emplois
- La vente génère 1.400.000 d'emplois.
- La réparation 1.385.000 d'emplois
- Le transport de passagers 1,6 million d'emplois
- Le transport de fret 3,3 millions d'emplois
- Les travaux routiers emploient 769.000 personnes. (Corniou & Alochet, 2024)

Bien sûr, tous ces emplois ne seront pas affectés de la même manière par l'électrification du parc. En effet, le transport de passagers et de fret devrait rester constant ou augmenter, tout comme les travaux routiers. Cependant, les réparations et la production, directes ou indirectes, devraient être touchées de manière importante, et cela représente un total de 4.5 millions d'emplois qui vont être réduits dans une proportion difficile à estimer. L'obligation des BEV's en Europe est apparue en réaction au dieselgate qui a grandement affaibli les constructeurs européens dans leur capacité d'investissement vers des solutions décarbonées (27 milliards pour VW (Stratenschulte, 2018).

Dans le même temps, le pouvoir central de Pékin a lui investi aux alentours de 230 milliards depuis 2009 dans les technologies d'électrification des véhicules. Ces investissements massifs de la part des autorités chinoises permettent aujourd'hui à des marques comme BYD d'être le plus gros constructeur de véhicules électriques devant Tesla, ou à CATL d'être leader sur le marché des batteries en produisant 40 % de la demande mondiale, et d'avoir un contrôle d'environ 60 % sur les matières premières telles que le lithium raffiné. Dans le graphique ci-dessous, nous pouvons voir que la Chine est clairement le plus gros marché en termes de véhicules électriques, plus de 2.5 fois plus grosses que l'Europe. Et avec la plus importante progression annuellement. De plus, les consommateurs chinois consomment majoritairement chinois pour ce qui est des BEV's puisque les marques européennes ou états-uniennes ont perdu d'importantes parts de marché en passant en quelques années d'une position dominante (environ 65 % de part de marché) à une position d'outsider (environ 25 % de part de marché).

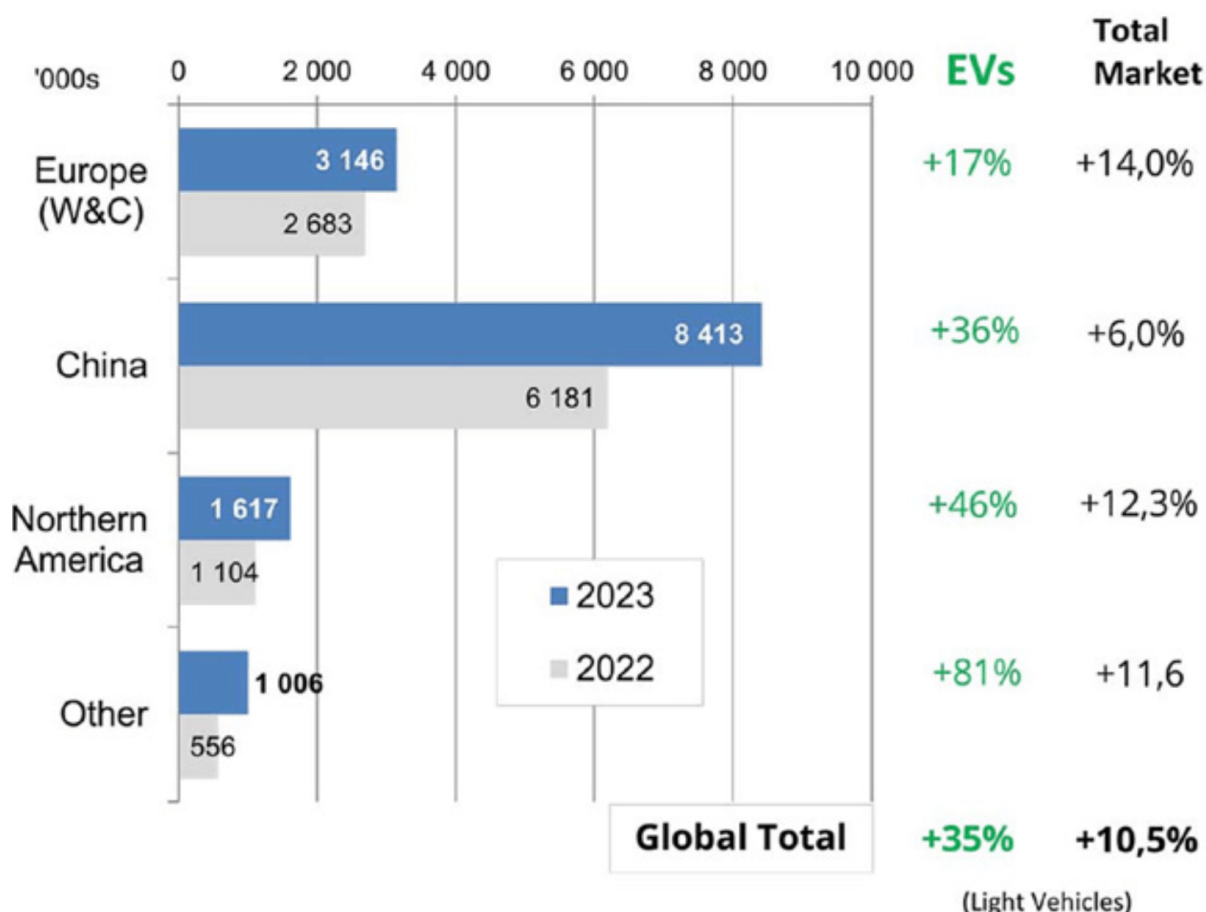


Figure 9 : Roland Irle, « Global EV Sales for 2023 », ev-volumes.com, 22 janvier 2024 (Corniou & Alochet, 2024)

En Europe, un plan d'action est en cours de discussion avec des investissements dans différentes parties de l'industrie afin de limiter l'impact des avancées technologiques des constructeurs Chinois sur l'industrie automobile Européenne. Ce plan d'action porte sur les points suivants :

- Innovation et transition numérique,
- Transition vers une mobilité propre,
- Garantir la compétitivité et la résilience de la chaîne d'approvisionnement,
- Améliorer les compétences et tenir compte de la dimension sociale,
- Garantir des conditions de concurrence équitables et un environnement concurrentiel pour les entreprises. (Commission Européenne, 2025)

À cela, s'ajoutent les droits de douane mis en vigueur en 2024 pour essayer de limiter la concurrence chinoise et ses subventions. (Le Monde, 2024) Malgré ces taxes importantes (jusqu'à 38 %), elles ne sont pas suffisantes pour gommer l'avantage concurrentiel que les constructeurs Chinois ont accumulé. D'ailleurs, les constructeurs Chinois ont déjà commencé à investir massivement en Europe dans des usines d'assemblage de composants afin d'éviter une grande partie ou la totalité des droits de douane, telle que l'usine AESC à Douai qui est une réplique des usines AESC chinoises, et qui ambitionne plus de 400.000 batteries de véhicules électriques par an, ou encore la signature de la construction d'une usine BYD en

Hongrie afin de faire l'assemblage des modèles les plus populaires sur le marché européen. De cette implantation chinoise, naîtra une capacité européenne à récupérer une partie de l'avance technologique que les entreprises chinoises ont acquise. Même si les conditions restent moins favorables que les transferts de technologies ayant opéré de l'Europe ou des USA vers la Chine (Lenglet & Frühauf, 2024).

Malgré ce plan d'action encore en discussion, le ralentissement des ventes de véhicules neufs impacte déjà fortement les constructeurs Européens qui commencent déjà des plans de licenciement massif à travers l'Europe. Par exemple, les équipementiers tels que Valeo, Faurecia ou Bosch ont déjà commencé des plans de licenciement à travers l'Europe, et même Volkswagen a prévu de supprimer des emplois sur le territoire allemand, accompagnant de nombreuses fermetures d'usines à travers l'Europe (l'usine d'Audi Bruxelles qui assurait l'assemblage des modèles Q8 Etron de la marque, SUV haut de gamme électrique n'ayant pas rencontré le succès escompté) (Leclercq, Gocar News, 2024).

De plus, en Europe, nous avons un exemple d'effondrement d'une industrie automobile, celle du Royaume-Uni est un parfait exemple des risques encourus quand des constructeurs n'arrivent pas à suivre un changement des attentes des consommateurs pour ce qui était des voitures britanniques, et ici pour l'électrification forcée par la Commission européenne. À aujourd'hui plus aucune marque britannique à des capitaux britanniques et la majeure partie des marques encore existantes à ce jour sont sous-capitaux Chinois ou Européen.

B) Impact de l'électrification des véhicules sur les consommateurs Européens

Un autre impact des véhicules électriques est leur prix d'achat plus élevé en neuf. Ce qui se traduit par un prix d'achat en occasion aussi plus élevé, car les décotes sont assez similaires entre véhicule électrique et véhicule thermique. Les prix d'achat moyens des véhicules électriques sont compris entre 35.000 et 50 000 € quand un véhicule thermique sera plutôt entre 20.000 à 30 000 €. Prenons par exemple une Peugeot 208 essence dont le prix sans option est de 15 895 € HTVA contre 25 994 € HTVA pour sa version 100 % électrique, nous pouvons aussi prendre en exemple la Volkswagen Golf à un prix en essence à 30 370 € HTVA, quand sa cousine électrique l>ID3 coûte 39 990 € HTVA. Bien sûr, les véhicules électriques bénéficient de nombreux avantages fiscaux en Europe, que ce soit des primes d'achat de plusieurs milliers d'euros comme en France, en Allemagne ou en Belgique, ou de nombreux autres avantages comme en Norvège, pays qui, à ce jour, arrive à avoir plus de 9 voitures sur 10 électriques (Cimino, La Norvège atteint quasiment son objectif de 100 % de voitures électriques, 2025.) avec un stationnement gratuit, une gratuité des autoroutes, etc. Mais ces avantages peuvent à tout moment être révoqué comme en Allemagne en décembre 2023 lorsque le gouvernement a décidé de supprimer les aides à l'achat des véhicules électriques faute de budget suffisant (Cimino, avec des ventes en forte baisse, l'Allemagne n'est plus le champion de l'électrique en Europe, 2025.). Ce qui a entraîné une chute des ventes des

véhicules électriques. À aujourd’hui l’un des principaux problèmes de l’électrification du parc automobile européen et le manque de véhicules à des tarifs abordables, en effet les constructeurs préfèrent sortir des SUV ou des grandes berlines, segments plus rémunérateurs et avec une plus forte marge pour compenser les investissements massifs pour les coûts de R&D, ce qui explique en partie les différences de prix entre véhicules électriques et thermique. Malgré tout, la généralisation des véhicules électriques devra passer par plus de modèles abordables, et ce, peu importe la taille des véhicules, et à aujourd’hui les seuls à avoir des véhicules électriques de toute gamme en étant dans des tarifs très agressifs sont les constructeurs chinois.

Un des avantages des véhicules électriques est leur coût de fonctionnement et d’entretien bien inférieur à ceux des véhicules thermiques, en effet le prix de l’essence est largement supérieur à celui de l’électricité, notamment quand les consommateurs ont l’opportunité de recharger directement chez eux (environ 0.15 € en mai 2025 en Belgique) (controle-technique.be, 2024). Comme l’illustre l’image ci-dessous, le coût de faire le plein d’un véhicule thermique peut varier entre 10 et 5 fois le prix d’une recharge pour un véhicule électrique, même lorsque cette recharge se fait sur des bornes rapides avec des tarifs supérieurs.

Facteur	Voiture Électrique	Voiture à Essence
Coût par km (approx.)	0,03 € – 0,05 €	0,12 € – 0,18 €
Autonomie moyenne	300 – 500 km	600 – 800 km
Coût de recharge complète	8 € – 15 €	N/A
Coût d’un plein d’essence	N/A	70 € – 90 €

Figure 10 : (controle-technique.be, 2024)

Pour la partie entretien, cela s’explique par le plus faible nombre de pièces mécaniques nécessaires dans un véhicule électrique. Cela permet de réduire les coûts d’entretien et d’espacer les révisions, car beaucoup moins de fluides ou de filtres doivent être remplacé. Par contre, les pneumatiques souffrent plus sur un véhicule électrique, liés à deux facteurs, l’embonpoint naturel dû à la batterie et l’instantanéité du couple moteur couplée à une valeur de couple plus importante que sur un véhicule thermique.

Facteur	Voiture Électrique	Voiture à Essence
Coût annuel moyen d’entretien	250 € – 450 €	600 € – 1 100 €
Fréquence des révisions	Moins fréquente	Plus fréquente

Figure 11 : (controle-technique.be, 2024)

Il peut toutefois exister une plus forte usure des consommables tels que les pneumatiques dus aux plus fortes masses des véhicules électriques.

Ce coût d’utilisation moindre est donc un atout pour un véhicule électrique, car celui-ci aura un Total Cost of Ownership moindre que celui d’un véhicule thermique, notamment si plus de

70 % des recharges sont faites aux domiciles des propriétaires ou sur leur lieu de travail. (Ohme, s.d.).

En faisant un rapide calcul avec un kilométrage de 15 000 km par an, un véhicule électrique coûtera environ 2 000 € de moins par an pour ce qui est des dépenses pour le carburant, à cela, il faut rajouter les entretiens moins fréquents et plus simples diminuant encore la facture pour les véhicules électriques de 500 € par an. Soit 2.500 € d'économie par an pour les véhicules, sachant qu'un véhicule électrique est environ 10 000 €, en 5 ans l'écart de prix est donc pratiquement annulé voire totalement annulé. Le besoin de recharge à domicile pour diminuer au maximum le TCO est aussi un désavantage pour l'adoption des véhicules électriques, car une grande partie des personnes vivent dans des logements communs, qui ne sont pas équipés de borne de recharge et où il est compliqué d'en installer. En effet installer des bornes de recharge individuelle peut vite coûter des sommes importantes par la quantité d'installation nécessaire. La plupart des bornes électriques domestiques font entre 7 et 11 KW, ce qui nécessite des renforcements du réseau électrique aux niveaux des foyers, à titre d'exemple un privé en monophasé en France peut avoir jusqu'à 15 KW de puissance et 36 KW en triphasé domestique, même si très peu de logements ont des installations en triphasé. Ce qui veut dire qu'installer une borne n'est pas toujours possible, ou limité en puissance. Pour ce qui est des logements collectifs, les problématiques sont identiques en termes de puissance électrique disponible sur le réseau du bâtiment partagé, à cela s'ajoute des questions d'ordre de financement, qui acceptera de payer l'installation de borne de recharge quand peu ou pas d'habitant ont des véhicules électriques ? Comment justifier qu'un syndic de copropriété dépense plusieurs centaines de milliers d'euros pour seulement quelques locataires ?

À cela, il faut rajouter que les normes de constructions n'ont que très récemment changé, en effet avant la loi LOM de janvier 2022 aucune obligation de préinstaller les équipements et de réserver les puissances électriques nécessaires à la recharge des véhicules neufs dans les nouvelles constructions (République Française, 2025). Pour ce qui est de la Wallonie, une loi similaire à la loi française a été introduite le 11 mars 2021. Ces lois découlent toute de la loi européenne 2018/844/UE datant du 30 mai 2018.

C) Les réticences et craintes liées à l'adoption des véhicules électriques.

Les consommateurs européens, notamment français, sont réticents à passer aux véhicules électriques, de nombreuses craintes restent en suspens pour beaucoup d'entre eux : en premier lieu, comme évoqué précédemment, le prix d'achat largement supérieur à un véhicule thermique pour 47 % des interrogés, 27 % restent sceptiques sur l'impact écologique et 15 % par un manque de bornes de recharge. (Gagniare, 2025). Les raisons sont identiques en Allemagne par rapport à la France, il faut à cela ajouter le manque d'autonomie des véhicules électriques. (Bouguerra, 2025). Pour la question du prix, nous avons vu précédemment que le TCO est plus faible pour les véhicules électriques que pour les véhicules thermiques et qu'en 5 ans, l'écart sur le prix d'achat est rentabilisé. Pour ce qui est de l'autonomie, en effet un véhicule électrique avec les technologies de batterie disponibles à ce jour a une autonomie plus faible qu'un véhicule thermique, cela n'impacte que peu l'utilisation réelle des voitures, en effet la plus grande partie des trajets étant ceux faits entre le domicile et le travail, l'autonomie des véhicules électriques est largement suffisante pour faire plusieurs jours de trajet. En effet, en Europe, les champions sont les Belges qui font, en moyenne, 40 km par jour pour leurs déplacements pendulaires. (Sebbahi, 2024). Pour ce qui est des longs trajets, les infrastructures de recharge sont inégalement réparties sur l'ensemble du territoire européen et cette mauvaise répartition ne permet pas de convaincre plus facilement les usagers encore réticents. Dans l'image ci-dessous, nous voyons le réseau transeuropéen de transport (RTE-T), pour lequel la Commission européenne a une exigence sur l'accessibilité aux carburants propres alternatifs. Il est donc facile de trouver des bornes de recharge sur ces axes principaux, mais aucune obligation et aucun maillage plus fin n'est prévu en dehors de ces grands axes européens. (Ladislav , et al., 2021).

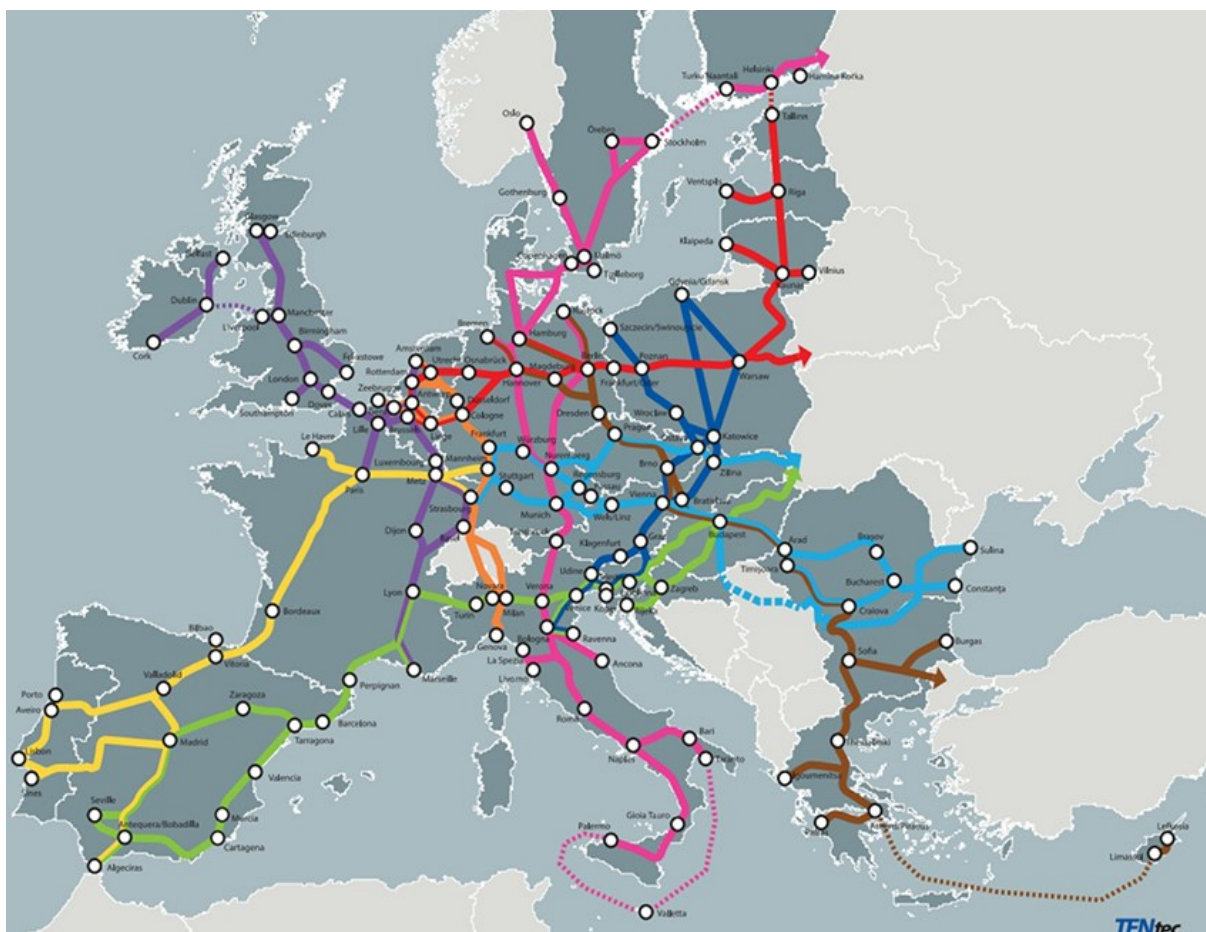


Figure 12 : Les corridors du réseau central du RTE-T (Ladislav, et al., 2021)

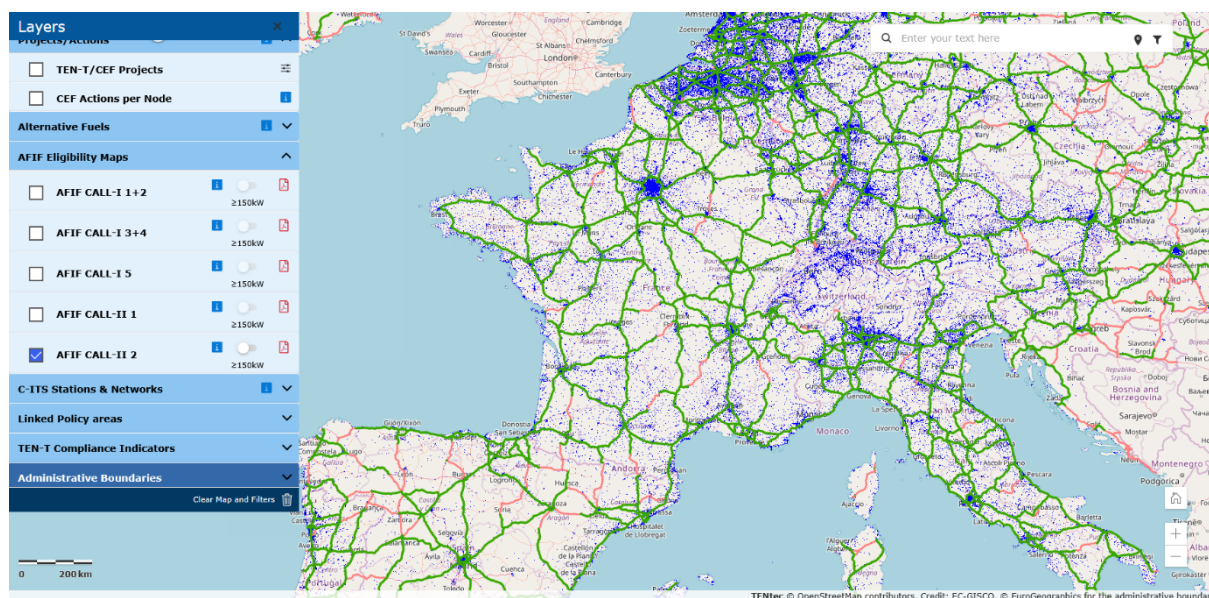


Figure 13 : Infographie des bornes de recharge disponible à travers l'Europe. (TENtec, 2025)

Sur la figure 13, nous pouvons voir les points de recharge accessibles au public à travers l'Union européenne. Les sections en orange sont les sections d'autoroutes ayant des distances entre 2 points de recharge de plus de 60 km, c'est donc avec ces données qu'une partie des décisions d'installation des bornes de recharge sera effectué à travers l'Union.

Ces données de la figure 12 permettent aussi de comprendre que les craintes liées à l'autonomie sur les grands trajets sont donc peu pertinentes, car sur les axes autoroutiers, la présence de bornes très régulièrement assure une sérénité pour être en mesure de toujours trouver une borne de recharge. Cependant, il est admis que les temps de trajet seront forcément rallongés, puisque les arrêts plus fréquents et d'une durée plus longue, malgré tout d'après les recommandations du code de la route, il faut faire une pause de 15 minutes toutes les 2 heures de trajet consécutives, ce qui in fine est totalement compatible avec les temps de recharge sur les bornes de recharge rapide disponibles sur les axes autoroutiers. L'adoption des voitures électriques aura peut-être un effet positif sur l'accidentologie liée aux pauses plus fréquentes que les usagers devront faire.

D) L'impact sociétal de l'extraction minière nécessaire aux véhicules électriques

Un des impacts sociétaux les plus importants de l'extraction minière sur les communautés est l'expropriation des terres de communautés vivant sur les lieux depuis des centaines d'années et ce, sans qu'aucun des bénéfices de l'exploitation des minerais ne leur revient. La situation est même pire, puisqu'en plus d'être exproprié de leur terre ancestrale, ils sont souvent en première ligne pour les pollutions liées à l'exploitation des ressources. (WRM, 2021). Cette expropriation existe à travers le monde, que ce soit le Chili, le Brésil, le Congo, l'Indonésie, etc. Un pays marque particulièrement les nombreuses atteintes aux droits humains la République démocratique du Congo, l'un des pays les plus pauvres du monde, concentre plus de 50 % des extractions de cobalt mondiales. Le cobalt est l'un des minerais essentiels pour la fabrication des batteries de véhicules électriques. (Amnesty International, 2017)



Figure 14 : Les petits forçats du cobalt (Simon, 2023)

Dans l'article dont est extrait la photo ci-dessus, nous apprenons qu'environ 40.000 enfants travailleraient dans les mines, et ceux des très jeunes vers 6/7 ans. Le tout dans des conditions sanitaires désastreuses, sachant que l'OMS ou le CDC reconnaissent les effets néfastes de l'exposition chronique à la poussière de cobalt en engendrant des maladies pulmonaires telles que « la maladie pulmonaire des métaux lourds, l'asthme, la dyspnée, et une baisse de la fonction respiratoire », à cela s'ajoute une dermatite de contact », il faut aussi ajouter les risques liés à l'exploitation elle-même, risque d'effondrement, de chute qui fait de nombreuses morts chaque année (Amnesty International et afreewatch, 2016). Cette prospection illégale est en partie due aux trop faibles nombres d'emplois créés par les mines industrielles qui ont une mécanisation importante et nécessite peu de mains d'œuvre alors qu'elles concentrent 80 % de la production. Les mines du Lualaba, région très riche en cobalt, à une population vivant à plus des deux-tiers sous le seuil de pauvreté. Les familles en sont donc réduites à essayer de trouver quelque reste de cobalt dans les terrils des mines industrielles afin d'y trouver de quoi survivre. Les parents étant souvent très pauvres, n'ont d'autres choix que d'emmener leurs enfants pour essayer de récolter plus de Cobalt. L'activité, en plus d'être dangereuse par nature, l'est aussi, car les industriels des mines font appel à des groupes de gardes privés et à la police locale pour lutter contre les intrusions illégales sur les terrils. Ces derniers n'hésitent pas à tirer à vue sur les enfants, malheureusement les familles étant bien trop pauvres, elles ne peuvent déposer une plainte et demander que justice soit faite, de plus la République démocratique du Congo étant très corrompu, leur chance d'obtenir justice sont pratiquement réduite à néant.

Les entreprises chinoises détiennent 15 des 19 mines industrielles de Cobalt de la RDC, et détiennent 75 % du stock planétaire de cobalt. À cela, s'ajoute qu'une grande partie de la négociation des minerais aussi gérée par des entreprises chinoises, et qui favorise aisément le rachat du cobalt obtenu de manière illégale, qui représente entre 12 à 20 % du cobalt extrait de RDC chaque année, soit plus que les extractions de Russie et d'Australie réunies. L'extraction minière au Congo a toujours connu de nombreux manquements quant au respect des droits humains, mais depuis l'arrivée des Chinois, ces manquements ont augmenté. De plus, même dans les mines officielles, le respect du code minier et du droit du travail n'est pas respecté, à cela s'ajoute une classe politique ne voulant intervenir pour améliorer les conditions d'extraction, d'achat des matières premières à cause de la corruption. (Simon, 2023).

Depuis les récents rapports d'Amnesty International, de nombreux constructeurs ont pris des mesures afin de se mettre en conformité sur leur devoir de diligence et leur mise en conformité quant à la réglementation européenne CSDDD, qui les oblige à déterminer les impacts climatiques et sociaux de leurs activités sur toute leur chaîne de valeur. Il a fallu attendre 2017 pour qu'Apple (utilisant aussi du cobalt pour ses appareils électroniques), décide de publier le nom de ses fournisseurs de cobalt, d'autres entreprises, notamment BMW à aussi décidé de suivre cette initiative afin d'augmenter le contrôle sur le terrain des méthodes d'extraction du

cobalt. De plus, le gouvernement congolais veut éradiquer le travail des enfants dans les mines pour 2025, tout en demandant de l'aide de la communauté internationale, mais l'objectif ne sera pas atteint, même si des améliorations significatives ont déjà obtenu.

Conclusion

Au travers de ce TFE, nous avons vu que les véhicules électriques présentent de nombreux avantages environnementaux et permettront de diminuer les émissions de gaz à effet de serre et ce de manière d'autant plus efficace que les mix énergétiques des pays sont décarbonés. Malgré tout, ils ne sont pas exempts d'impact sur le climat et ne permettent pas de répondre à une demande infinie dans notre monde fini. Autant les sources d'électricité sont infinies, la Terre aura toujours du soleil (de plus en plus à mesure que ce dernier vieillit), du vent, de l'eau qui coule dans des cours d'eau, autant les ressources nécessaires à la transformation des énergies naturelles en électricité repose sur des matériaux en quantité limitée. Nous aurons toujours une quantité limitée de pétrole, de lithium, de cobalt, de cuivre, etc. À cela, s'ajoute l'impact non-négligeable de l'extraction des métaux et terres rares nécessaires aux nombreux composants électriques et électroniques des véhicules électriques, impact qui est à la fois sur le climat comme sociaux. L'extraction minière, peu importe son époque, a toujours été violente, que ce soit dans les mines de charbon en Europe, où le travail était harassant et dangereux pour la santé avec de nombreux cas de pneumoconiose et une espérance de vie réduite d'une dizaine d'années. Cette extraction, comme nous avons pu le voir, est toujours à la fois dangereuse en termes sanitaires, mais aussi en risques pris par certaines populations afin d'essayer de sortir de la misère. Elle est donc un vecteur d'inégalité sociale importante et ne permet pas à des populations pauvres de profiter des ressources souterraines de leur pays pour augmenter leur niveau de vie, cause de nombreuses morts chaque année, car les autorités locales laissent ou aident les grands groupes à tuer les populations locales faisant les « poubelles » des mines pour essayer de faire quelques dollars pour survivre, le tout en acceptant le travail des enfants. Sur le volet social, le TFE se concentre sur les impacts européens, en effet les USA sont dans une forme d'instabilité en matière d'écologie et l'adoption des véhicules électriques est encore plus compliqué et rencontre encore plus de réticence en dehors des grands centres urbains côtiers. En Europe, le principal impact est une désindustrialisation et des pertes d'emplois importantes. L'Europe perdra aussi sa suprématie sur les innovations, car à aujourd'hui, ce sont les constructeurs chinois qui sont les plus en avance sur les véhicules électriques. Un des problèmes de la politique européenne, c'est qu'elle ne pose pas une question pourtant essentielle dans la protection de l'environnement la décroissance et une réadaptation des habitudes de consommation. De grands efforts et de grands plans d'investissement sont déployés pour que 100 % des véhicules neufs vendus soient électriques en 2035, mais peu d'initiatives sont entreprises pour repenser nos systèmes de trains ou de transport en commun, peu d'effort sont fait pour rendre les transports en commun moins chers à l'utilisation que n'importe quel autre moyen de transport hormis le vélo ou la marche à pied. Et en allant plus loin dans cette réflexion, aucun effort n'est entrepris pour diminuer les distances de trajet quotidien afin de limiter l'usage de la voiture qu'elle soit thermique ou électrique. Car la meilleure solution pour limiter notre impact sur

l'environnement reste et restera toujours de ne pas consommer, un véhicule électrique est moins polluant qu'un véhicule thermique, mais son coup écologique ou social n'est pas nul.

Bibliographie

- Amant, S., Meunier, N., & de Cossé Brissac, C. (2020, Novembre). *Quelle motorisation choisir pour vraiment décarboner l'automobile ?* Consulté le Novembre 02, 2024, sur Carbone 4: <https://www.carbone4.com/files/wp-content/uploads/2020/12/Motorisations-Alternatives-Executive-Summary-VP-1-1.pdf>
- Amnesty International. (2017, Septembre 29). *La face cachée des voitures électriques : l'exploitation par le travail*. Récupéré sur Amnesty International: <https://www.amnesty.org/fr/latest/news/2017/09/the-dark-side-of-electric-cars-exploitative-labor-practices/>
- Amnesty International et afreewatch. (2016). *Voilà pourquoi on meurt*. Amnesty International.
- Beyer, A. (2021, 11 30). *Géoconfluences*. Récupéré sur <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-thematiques/mobilites-flux-et-transport/articles-scientifiques/reseau-ferroviaire-secondaire-france>
- Bouguerra, K. (2025, Janvier 28). *En Allemagne, la voiture électrique ne passe vraiment pas*. Récupéré sur Auto Plus: <https://www.autoplus.fr/environnement/voiture-electrique/chez-allemands-la-voiture-electrique-ne-passe-vraiment-pas-1365329.html>
- Campbell, M., & Duboust, O. (2022, avril 02). *Les "champs de lithium" d'Amérique du Sud loin d'être anodins*. Récupéré sur Euronews: <https://fr.euronews.com/green/2022/02/04/les-champs-de-lithium-d-amerique-du-sud-loin-d-etre-anodins>
- CEREMA. (2024, 05 27). *[Chiffres clés] Mobilité en voiture électrique : un véhicule accessible à tous ?* Récupéré sur Cerema: <https://www.cerema.fr/fr/actualites/chiffres-cles-mobilite-voiture-electrique-vehicule>
- Chazouilleres, G. (2017). Immobilier : pourquoi les prix sont de plus en plus déconnectés des revenus. *Capital*.
- Cimino, V. (2025, Janvier 7). *Avec des ventes en forte baisse, l'Allemagne n'est plus le champion de l'électrique en Europe*. Récupéré sur Automobile Propre: <https://www.automobile-propre.com/articles/allemande-vs-royaume-uni-qui-est-le-champion-europeen-des-voitures-electriques-en-2024/>
- Cimino, V. (2025, Février 5). *La Norvège atteint quasiment son objectif de 100 % de voitures électriques*. Récupéré sur Automobile Propre: <https://www.automobile-propre.com/articles/norvege-le-pays-est-passe-tout-pres-de-son-objectif-de-100-de-voitures-electriques-en-janvier/>
- Commission Européenne. (2025, mars 2025). *Questions et réponses sur le plan d'action dévoilé par la Commission pour stimuler l'innovation, la durabilité et la compétitivité du secteur automobile*. Récupéré sur [europa.eu: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/qanda_25_636](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/qanda_25_636)

- controle-technique.be. (2024, juillet 24). *Tableau comparatif du coût d'une voiture électrique vs essence*. Récupéré sur controle-technique.be: <https://www.controle-technique.be/blog/comparatif-cout-voiture-electrique-vs-essence/>
- Corniou, J.-P., & Alochet, M. (2024). *L'industrie automobile européenne en 2035*.
- Doche, A. (2023, Septembre 05). *En Norvège, tout le monde roule en électrique mais la consommation de carburant diminue à peine*. Récupéré sur L'automobile Magazine: <https://www.automobile-magazine.fr/voitures-electriques/article/39962-en-norvege-tout-le-monde-roule-en-electrique-mais-la-consommation-de-carburant-diminue-a-peine>
- European Environmental Agencies. (2018). *Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives*.
- Gagniare, T. (2025, Janvier 23). *Voiture électrique : les Français ne veulent plus passer le cap*. Récupéré sur Auto Moto: <https://www.auto-moto.com/en-bref/voiture-electrique--les-francais-ne-veulent-plus-passer-le-cap-52662>
- Gowrishankar, V. (2025, June). Sustainable manufacturing practices for EV battery packs: Lowering the environmental impacts and increasing recyclability. *Future Batteries*.
- Harold, T. (2024). Chez CATL, le géant chinois méconnu qui domine le marché mondial de la batterie. *Le Monde*. Récupéré sur https://www.lemonde.fr/economie/article/2024/09/09/chez-catl-le-geant-chinois-meconnu-qui-domine-le-marche-mondial-de-la-batterie_6309602_3234.html
- Hodson, H. (2015, october 14). *NewScientist*. Récupéré sur NewScientist: <https://www.newscientist.com/article/mg22830430-300-lithium-dreams-the-surreal-landscapes-where-batteries-are-born/>
- Jancovici, J. M. (2007, aout 1). *Jean-Marc Jancovici*. Récupéré sur <https://jancovici.com/changement-climatique/gaz-a-effet-de-serre-et-cycle-du-carbone/quels-sont-les-gaz-a-effet-de-serre-quels-sont-leurs-contribution-a-leffet-de-serre/>
- Klaas, J. (2024). Les ventes de VE augmentent malgré une réticence accrue. *Le moniteur automobile*. Récupéré sur <https://www.moniteurautomobile.be/actu-auto/marche/volonte-dacheter-une-voiture-electrique.html>
- Ladislav, B., Urbanic, B., Frankova, Z., Faria Viegas, H., Westphal, N., Hristov, S., . . . Everett, T. (2021). *Infrastructures de recharge pour véhicules électriques: des bornes de recharge plus nombreuses mais inégalement réparties dans l'UE, ce qui complique les déplacements*. Récupéré sur <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/electrical-recharging-5-2021/fr/#figure4>
- Le Monde*. (2024, juillet 04). Récupéré sur *Le Monde*: <https://www.lemonde.fr/economie/article/2024/07/04/l-ue-impose-jusqu-a-38-de->

droits-de-douane-supplementaires-sur-les-vehicules-electriques-chinois_6246779_3234.html

- Le monde et AFP. (2025, 03 05). *L'Union européenne dévoile son plan pour relancer une industrie automobile « en danger de mort », selon Stéphane Séjourné*. Récupéré sur Le monde: https://www.lemonde.fr/economie/article/2025/03/05/l-union-europeenne-devoile-son-plan-pour-relancer-une-industrie-automobile-en-danger-de-mort-selon-stephane-sejourne_6576553_3234.html
- Leclercq, D. (2023, juillet 31). *De la technologie chinoise dans les Volkswagen électriques*. Récupéré sur Gocar News: <https://gocar.be/fr/actu-auto/electrique/de-la-technologie-chinoise-dans-les-volkswagen-electriques-xpeng>
- Leclercq, D. (2024, novembre 08). Récupéré sur Gocar News: <https://gocar.be/fr/actu-auto/economie/200000-emplois-bientot-supprimees-dans-lindustrie-automobile-europeenne>
- Lenglet, F., & Frühauf, C. (2024, Novembre 21). *RTL*. Récupéré sur RTL: <https://www.rtl.fr/actu/economie-consommation/edito-transfert-de-technologies-pourquoi-l-europe-demande-l-aide-de-la-chine-7900442919>
- Maille, E. (2025, janvier 22). *Reporterre le média de l'écologie*. Récupéré sur Reporterre le média de l'écologie: <https://reporterre.net/Trump-le-programme-anti-ecologique-des-ultraconservateurs>
- Ohme. (s.d.). *Comparaison du TCO entre véhicules thermiques et électriques en France*. Récupéré sur Ohme: <https://ohme-ev.com/fr/blog/comparaison-du-tco-entre-vehicules-thermiques-et-electriques/>
- Onat, N. C., Kucukvbar, M., & Tatari, O. (2015). Conventional, hybrid, plug-in hybrid or electric vehicles? State-based comparative carbon and energy footprint analysis in the United States.
- Quanwei, C., Xin, L., Junjie, C., Yi, Y., Yi, G., Mengjie, Z., . . . Yuzjiu, Z. (2023, November). Comparative environmental impacts of different hydrometallurgical recycling and remanufacturing technologies of lithium-ion batteries considering multi-recycling-approach and temporal-geographical scenarios in China. *Comparative environmental impacts of different hydrometallurgical recycling and remanufacturing technologies of lithium-ion batteries considering multi-recycling-approach and temporal-geographical scenarios in China*. Shanghai, Chine.
- Renson, L. (2024, Décembre 26). *En 2025, la Chine vendra plus de voitures électriques que thermiques*. Récupéré sur L'echo: <https://www.lecho.be/entreprises/auto/en-2025-la-chine-vendra-plus-de-voitures-electriques-que-thermiques/10580344.html>
- Représentation en France. (2024, juin 12). *Véhicules électriques produits en Chine : la Commission conclut provisoirement à des subventions déloyales et annonce des droits compensateurs*. Récupéré sur

https://france.representation.ec.europa.eu/informations/vehicules-electriques-produits-en-chine-la-commission-conclut-provisoirement-des-subsventions-2024-06-12_fr

République Française. (2025, Mai 09). *Infrastructures obligatoires de recharge des véhicules électriques*. Récupéré sur entreprendre service public: <https://entreprendre.service-public.fr/vosdroits/F38491>

Riposseau, G. H. (2024, Janvier 03). *l'argus web*. Récupéré sur l'argus web: <https://www.largus.fr/actualite-automobile/parc-auto-francais-le-poids-moyen-des-voitures-en-forte-augmentation-depuis-2012-30031337.html>

Sebbahi, M. (2024, Septembre 10). *Les Belges, champions d'Europe de distance entre le domicile et le travail: voici la durée moyenne de nos trajets*. Récupéré sur RTL Info: <https://www.rtl.be/actu/belgique/societe/les-belges-champions-deurope-de-distance-entre-le-domicile-et-le-travail-voici/2024-09-10/article/709462>

Simon, T. (2023, Février 15). *République démocratique du Congo : les petits forçats du cobalt*. Récupéré sur Amnesty International: <https://www.amnesty.fr/actualites/republique-democratique-du-congo-enfants-cobalt-face-cachee-de-nos-batterie>

Stratenschulte, J. (2018, 06 14). *Dieselgate: à combien s'élève la facture pour Volkswagen?* Récupéré sur BFMTV: https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/transports/dieselgate-a-combien-s-eleve-la-facture-pour-volkswagen_AN-201806140177.html

TENtec. (2025, Mai 05). Récupéré sur <https://webgate.ec.europa.eu/tentec-maps/web/public/screen/home>

Transitions Energies. (2024). La Chine a dépensé plus de 230 milliards de dollars pour développer son industrie de la voiture électrique. *Transitions Energies*. Récupéré sur <https://www.transitionsenergies.com/chine-depense-plus-230-milliards-dollars-pour-developper-industrie-voiture-electrique/>

Transitions Energies. (2024). Les Français toujours et encore réticents face à la voiture électrique. *Transitions Energies*. Récupéré sur <https://www.transitionsenergies.com/francais-toujours-encore-reticents-face-voiture-electrique/>

UFC-Que Choisir service des études. (2024, Novembre). UFC-QUE CHOISIR • Service des études . *UFC-QUE CHOISIR • Service des études* . Franche.

WRM. (2021, JUILLET 09). *Véhicules électriques : moteurs de souffrance et de pollution*. Récupéré sur WRM: <https://www.wrm.org.uy/fr/articles-du-bulletin/vehicules-electriques-moteurs-de-souffrance-et-de-pollution>

Xiaoning, X., Pengwei, L., Zhenguo, X., Rui, W., & Yang, C. (2022, Novembre 15). *Life cycle carbon footprint of electric vehicles in different countries: A review*. Chongqing, China.

Récupéré

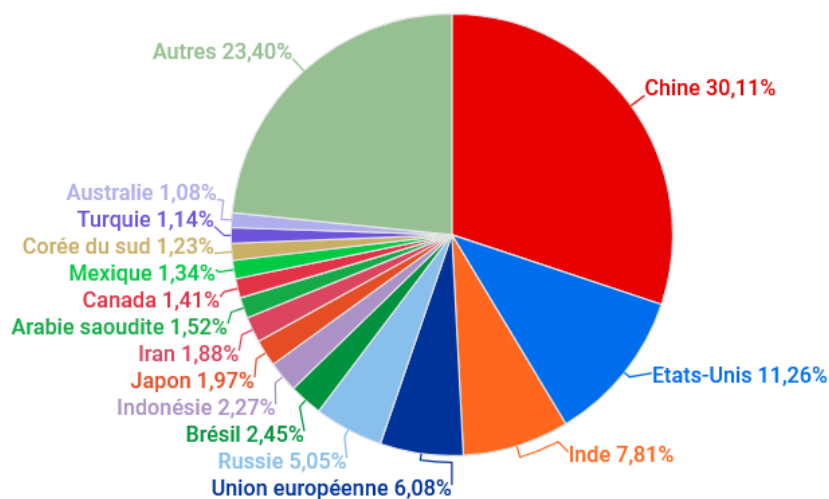
sur

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586622016185>

- Xuan, W. (2022, 10 25). hal.science/tel-03796693/. *Développement d'un procédé hydrométallurgique pour le recyclage des électrodes positives de type NMC contenues dans les batteries lithium-ion usagées*. Lorraine, France. Récupéré sur [hal: https://hal.science/tel-03796693/](https://hal.science/tel-03796693/)
- Yu, L., Qiang, L., Bo, L., Qing, L., & Qiong, J. (2024, August 10). Energy mix-driven dynamic life cycle assessment on greenhouse gas emissions of passenger cars in China. *Journal of Cleaner Production*.

Annexe 1 : Pollution par pays et richesse des pays

Répartition des émissions de gaz à effet de serre dans le monde en 2023, par pays
(en millions de tonnes équivalent CO₂, MtCO₂e)



Répartition des émissions de gaz à effet de serre dans le monde en 2023 (en millions de tonnes équivalent CO₂, MtCO₂e).

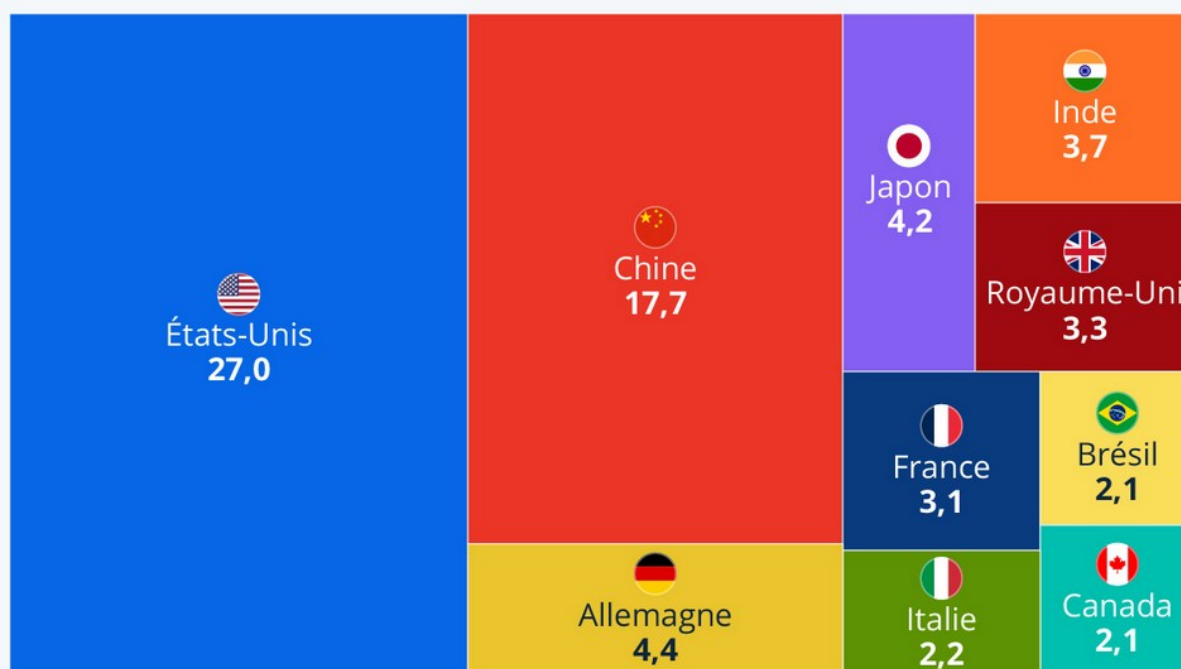
Source : EDGAR Community GHG Database / Commission européenne, JRC et Agence internationale de l'énergie (IEA), 2024.
Réutilisation des données Arthur Olivier - [Toute l'Europe](#)

Figure 15 : Pollution par pays et richesse des pays

Au cumulé les 10 pays avec le plus gros PIB représentent 61.49% des émissions de gaz à effet de serre et 67% du PIB mondial.

Les plus grandes économies mondiales

Dix plus grandes économies mondiales selon le PIB en 2023, en billions de dollars américains*



* PIB nominal, estimations en date d'octobre 2023. Ces dix pays représentent 67 % du PIB mondial.
Source : Fonds monétaire international



statista

Figure 16 : Pollution par pays et richesse des pays

Un lien entre PIB et émission de gaz à effet de serre est réel, plus les pays sont riches, plus les habitants polluent. Et ce même au travers des pays, les 10% des plus riches polluent entre 3 à 5 fois plus que les 50% les plus pauvres en France par exemple.

Annexe 2

Tableau 2 : Environmental Impact Comparison of EV Batteries. (Gowrishankar, 2025)

Category	LFP	LMO/NMC532 (	NMC622	NCA	LFP	LMO/NMC532	NMC622	NCA
Agricultural land occupation	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Climate change	100%	105%	110%	115%	100%	100%	105%	110%
Fossil depletion	100%	130%	140%	150%	100%	110%	120%	130%
Freshwater ecotoxicity	80%	85%	90%	100%	75%	80%	85%	90%
Freshwater eutrophication	75%	80%	85%	90%	70%	75%	80%	85%
Human toxicity	70%	75%	80%	85%	65%	70%	75%	80%
Ionizing radiation	60%	65%	70%	75%	55%	60%	65%	70%
Marine ecotoxicity	70%	75%	80%	85%	65%	70%	75%	80%
Marine eutrophication	75%	80%	85%	90%	70%	75%	80%	85%
Metal depletion	200%	250%	275%	300%	180%	210%	240%	270%
Natural land transformation	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ozone depletion	70%	75%	80%	85%	65%	70%	75%	80%
Particulate matter formation	100%	110%	120%	130%	95%	105%	115%	125%
Photochemical oxidant formation	90%	95%	100%	105%	85%	90%	95%	100%
Terrestrial acidification	90%	95%	100%	105%	85%	90%	95%	100%
Terrestrial ecotoxicity	70%	75%	80%	85%	65%	70%	75%	80%
Urban land occupation	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Water depletion	80%	85%	90%	95%	75%	80%	85%	90%

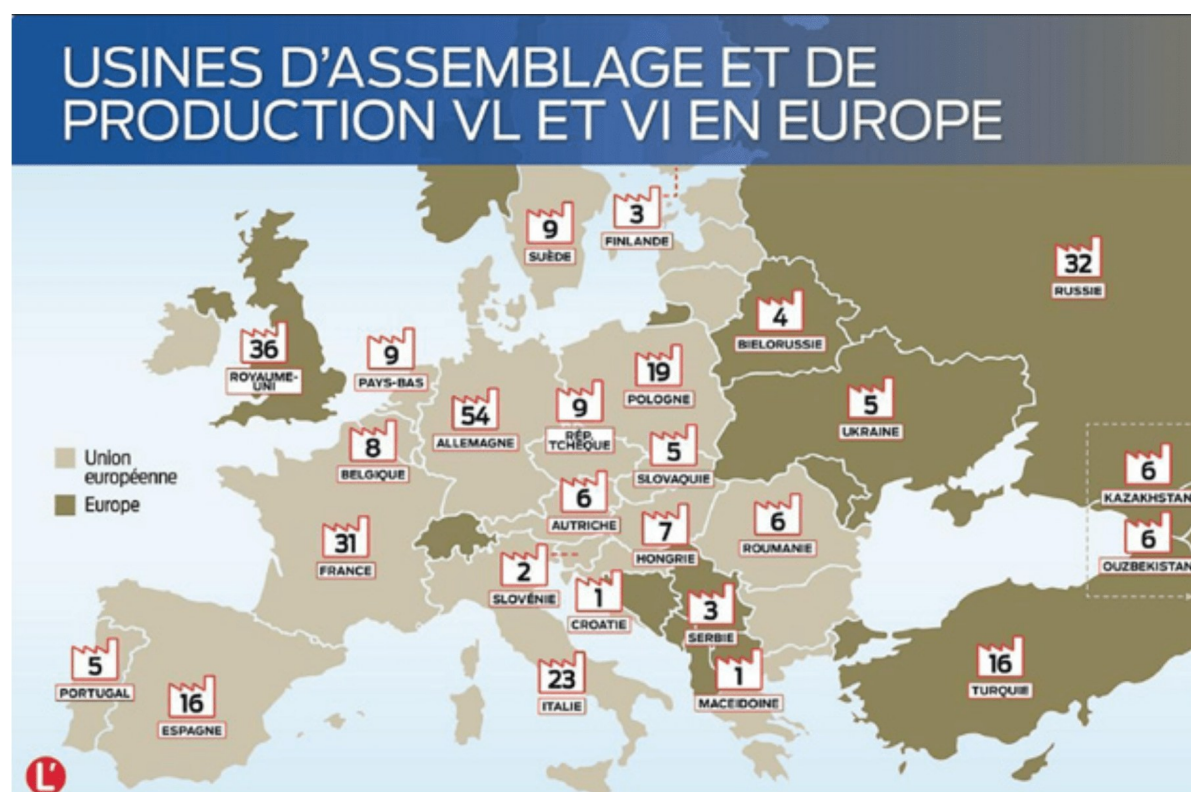
Annexe 3

Tableau 3 : Environmental Impact of Recycling Process.

Category	Hydrometallurgy Recycling (%)	Pyro metallurgy Recycling (%)
Fossil Fuels (MJ)	90%	95%
Coal (MJ)	70%	105%
Natural Gas (MJ)	75%	100%
Petroleum (MJ)	50%	85%
Electricity (MWh)	90%	105%
GHGs (kg CO2eq)	45%	75%
Water Consumption (L)	90%	100%
Water Withdrawal (L)	40%	70%
PM2.5 (kg PM2.5)	70%	110%
PM10 (kg PM10)	55%	100%
NOx (kg NOx)	40%	80%
SO2 (kg SO2)	45%	95%
VOCs (kg VOCs)	60%	120%

Annexe 4 :

Pays	Production	2023
Allemagne	3 959 322	
France	959 404	
Italie	540 218	
Royaume-Uni	775 014	
Suède	276 070	
<i>Total : pays producteurs historiques</i>		<i>6 510 028</i>
Espagne	1 869 988	
Rép. tchèque	1 395 211	
Slovaquie	1 062 058	
<i>Total : zone périphérique</i>		<i>4 327 257</i>
Roumanie	501 337	
Hongrie	504 907	
Pologne	612 882	
<i>Total : pays nouvellement intégrés</i>		<i>1 413 914</i>
Portugal	321 071	
Belgique	287 211	
Pays-Bas	123 379	
Autriche	114 191	
<i>Total : pays de production limitée</i>		<i>845 852</i>



(Corniou & Alochet, 2024)

