



Avril 2024

L'obsolescence accélérée des voitures thermiques et électriques

Alertes sur un secteur en pleine mutation

HÖP HALTE À
L'OBSOLESCENCE
PROGRAMMÉE

Les autrices



**Julie
Caillard**

Chargée de plaidoyer
de l'association HOP -
Halte à l'obsolescence
programmée



**Laetitia
Vasseur**

Co-fondatrice et
Déléguée générale de
l'association HOP -
Halte à l'obsolescence
programmée



**Flavie
Vonderscher**

Responsable du
pôle plaidoyer de
l'association HOP -
Halte à l'obsolescence
programmée

Qui sommes- nous ?

HOP - Halte à l'obsolescence programmée est une association loi 1901 qui lutte pour la durabilité des produits et contre l'obsolescence programmée. Créée en 2015, elle est une association nationale agréée protection de l'environnement. Elle vise à fédérer et défendre les citoyennes et les citoyens, engager les décideurs publics et privés pour aller vers des produits durables et réparables. HOP souhaite contribuer à la poursuite des objectifs de développement durable des Nations Unies, notamment le 12^{ème} (ODD12) qui est "un appel pour les producteurs, les consommateurs, les communautés et les gouvernements à réfléchir sur leurs habitudes et usages en termes de consommation, de production de déchets, à l'impact environnemental et social de l'ensemble de la chaîne de valeur de nos produits"¹.

Les actions de HOP consistent principalement à sensibiliser le grand public et mobiliser les parties prenantes, mais aussi mener des actions juridiques et de plaidoyer en France et en Europe. Elle a créé les sites produitsdurables.fr et bonusreparation.org. L'association a initié un réseau d'entreprises volontaires en 2018, le Club de la durabilité.

Reconnue pour son expertise sur les équipements électriques et électroniques, l'association a rédigé de nombreux rapports sur des produits du quotidien : imprimantes, téléviseurs, lave-linges, collants, etc. HOP se penche dans ce nouveau rapport sur le cas des véhicules afin d'alerter les consommateurs et décideurs publics sur les risques relatifs à l'obsolescence accélérée et les solutions.

Résumé exécutif

La réduction de l'empreinte sanitaire et environnementale du secteur routier est nécessaire. Celle-ci doit avoir lieu avant tout grâce à des mesures de sobriété et de report sur d'autres moyens de transport moins polluants. Mais le secteur automobile est au cœur d'une transition, puisque d'ici à 2050, il ne devrait plus y avoir de véhicules thermiques en circulation. Cette mutation conduit à une obsolescence accélérée de la flotte actuelle de véhicules individuels et à l'électrification progressive du parc automobile.

La durée de vie des véhicules est actuellement estimée à 19 ans, mais les réglementations qui bouleversent le secteur automobile accélèrent leur

obsolescence. C'est le cas en particulier pour au moins 34 % du parc automobile en France concerné par l'exclusion des Zones à faible émission (ZFE) d'ici à 2025, selon un rapport du Sénat. Si de nombreuses personnes seront pénalisées par cette obsolescence réglementaire, elle peut sembler justifiée d'un point de vue sanitaire et environnemental. La transition est, par ailleurs, accompagnée de certains dispositifs d'aides (prime à la conversion, bonus écologique, leasing

électrique, etc.). Ils ne répondent que partiellement aux enjeux des automobilistes, confrontés à des arbitrages économiques et écologiques complexes, sur un marché dominé à près de 75 % par l'achat d'occasion. Se pose néanmoins la question du devenir de ces véhicules polluants mais encore fonctionnels.

Pour remplacer les anciens véhicules, les politiques publiques poussent à l'acquisition de véhicules récents et électriques. En Europe et en France, le choix politique actuel est, en effet, celui de l'électrification du parc automobile, via l'instauration de normes et de dispositifs d'incitations économiques (tels que la réglementation Corporate Average Fuel Economy dite "CAFE"). Puisqu'à compter de 2035 les véhicules thermiques et hybrides neufs ne pourront plus être mis en vente sur le marché européen, la quasi-to-

talité des constructeurs proposent désormais une gamme de voitures électriques. À l'usage, ces derniers consomment de l'électricité, qui coûte et pollue a priori moins que les hydrocarbures en Europe. Elles représentent donc un atout contre le réchauffement climatique. Cependant, elles sont plus chères à produire, et leur fabrication a un impact carbone supérieur à celui de la production des voitures thermiques, du fait de la batterie.

Par ailleurs, la production des véhicules électriques suppose d'autres types d'impacts qui doivent être pris en compte pour évaluer l'empreinte écologique totale du secteur (eutrophisation, ressources naturelles, etc.). Ainsi, pour favoriser la mobilité durable, la durabilité et la réparabilité des véhicules électriques s'imposent comme une condition sine qua non de la transition.

Dans ce rapport, les autrices mettent en lumière de nombreuses failles qui s'immiscent dans les rouages bien huilés de l'économie circulaire, historiquement développée dans le secteur automobile. Elles identifient trois grands enjeux critiques pour la durabilité des véhicules modernes.

D'une part, la durée de vie des véhicules électriques est mise en péril. Malgré une probable endurance des batteries, rien n'encadre aujourd'hui leur durabilité, ni ne donne de garanties suffisantes de fiabilité pour les consommateurs. Or, leur réparabilité est rendue très complexe, voire impossible, par des difficultés de désassemblage (usage de résine, mousse, irréparabilité des modules qui les composent, etc.).

D'autre part, dans une optique de réduction des coûts de production, un certain nombre de constructeurs tendent vers des techniques de conception qui rendent la réparation économiquement, voire techniquement impossible. Un autre exemple marquant est celui du giga-casting, pratique industrielle consistant à mouler d'un seul bloc de nombreuses pièces de la voiture, ce qui pourrait obliger à jeter et remplacer une grande partie du véhicule après un choc. Pour l'instant, le risque de "giga-gâchis" qui en découle concerne quelques modèles de voitures électriques seulement, mais HOP craint que cette pratique ne se généralise.

La durée de vie des véhicules est actuellement estimée à 19 ans

Globalement, le secteur se confronte à des problématiques relatives à la démontabilité des véhicules, l'accès aux pièces détachées et aux composants ou encore de réduction des services après-vente chez certains fabricants. Le risque est celui de voir advenir des "voitures jetables". Les nouvelles routes empruntées par certains constructeurs qui priorisent la baisse des coûts de production au détriment de la réparabilité des véhicules ne doivent pas devenir la norme.

Enfin, la présence croissante d'électronique et de logiciels embarqués, qui donnent aux véhicules

connectés des allures de "smartphones roulants", fait croître le risque d'obsolescence logicielle, et participe à complexifier la réparation hors des réseaux agréés par les constructeurs (à cause par exemple de pratiques de "sérialisation", d'indisponibilité de certains composants électroniques, d'accès bloqués à des données essentielles pour établir un diagnostic ou réparer, etc.).

Coûts de réparation possiblement exorbitants (directement pour les clients ou auprès des assurances), renouvellement prématuré du véhicule;

nouveaux coûts "cachés" à l'achat relatif à la mise à jour des logiciels; services ou applications; service après-vente peu ou pas disponible, etc. les conséquences de ces pratiques touchent les consommateurs qui n'ont pas de visibilité sur le coût total de possession d'un véhicule au moment de l'achat. Les acteurs économiques composant l'écosystème de l'économie circulaire pourraient également être mis en difficulté (marché de la réparation, du reconditionnement, de l'occasion, etc.). Les constructeurs européens historiques peuvent être considérés, à certains égards, comme des victimes de ces pratiques. En cause, une compétitivité acharnée face à des véhicules électriques vendus à des prix attractifs par quelques concurrents américains ou chinois, au détriment de la réparabilité.

Comme le soulignent les experts auditionnés lors de cette enquête, l'industrie de l'automobile s'inscrit dans des temps longs. Pour autant, pour l'association HOP, cela ne doit pas être synonyme d'inertie ou d'inaction, face aux signaux inquiétants d'une trajectoire insoutenable. Il s'agit de poser dès maintenant les jalons de bonnes pratiques pour l'économie circulaire du parc automobile électrique, qui va remplacer le thermique, afin d'allier baisse des émissions de CO2, respect des consommateurs et production responsable. L'association formule 7 recommandations à l'intention des décideurs publics (en particulier européens), pour garantir la durabilité et la réparabilité des véhicules thermiques et électriques à venir. Parmi celles-ci, HOP propose :

- d'instaurer des garanties de réparabilité des batteries
- d'imposer des normes de réparabilité : des pièces démontables et disponibles pendant au moins 20 ans
- de lutter contre la menace d'obsolescence logicielle : interdire les verrous logiciels qui font obstacle à la réparation/réemploi des pièces, et maintenir les logiciels pendant au moins 20 ans.

En cause, une compétitivité acharnée face à des véhicules électriques vendus à des prix attractifs par quelques concurrents américains ou chinois, au détriment de la réparabilité



Méthodologie

Les travaux qui ont conduit à ce rapport ont été menés en toute indépendance par l'équipe de HOP - Halte à l'obsolescence programmée. L'association n'a pas bénéficié de financements spécifiques d'acteurs privés.

Une revue de la littérature grise (y compris des rapports ou articles d'associations de consommateurs, de protection de l'environnement ou de l'administration publique) et scientifique a été réalisée afin d'avoir une vision d'ensemble des études déjà réalisées sur le sujet.

L'association a également mené une quinzaine d'entretiens avec des acteurs volontairement variés : réparateurs, remanufactureurs, constructeurs, équipementiers, experts des mobilités. Ces derniers ont pu choisir d'être cités ou garder l'anonymat dans notre étude.

Ce rapport vise à synthétiser et à analyser les données et expertises diverses qui existent sur les questions de durabilité et de réparabilité des véhicules automobiles. Fort de ces retours et de son expertise transversale sur l'obsolescence des produits (en particulier électriques et électroniques), HOP a ensuite pu se forger une opinion et tirer des conclusions sur certains enjeux afin d'en dégager des enseignements. Les conclusions tirées dans ce rapport n'engagent que l'association, et non les interviewés. HOP n'a pas la prétention d'être spécialiste de l'automobile, mais vise à développer et à vulgariser la connaissance sur les enjeux, à participer au débat citoyen sur la durée de vie des automobiles, considérant qu'il s'agit d'un sujet de société majeur. Les recommandations adressées dans ce rapport sont le fruit des réflexions propres à l'association, à la lumière des experts interrogés que nous tenons par ailleurs à remercier.

Sommaire

Page 01

L'obsolescence accélérée des voitures thermiques et électriques

- 02 Les autrices
- 02 Qui sommes-nous ?
- 03 Résumé exécutif
- 05 Méthodologie
- 08 Introduction

Page 11

L'obsolescence réglementaire de voitures thermiques encore fonctionnelles

- 12 **Les raisons d'une obsolescence réglementaire dans le secteur automobile**
- 12 Les impacts sanitaires, écologiques et économiques
- 12 Les impacts sanitaires
- 12 Les impacts écologiques
- 14 Le coût économique
- 14 **Panorama comparatif des différentes motorisations**
- 17 **Les ZFE et autres réglementations européennes : des normes qui transforment le secteur**
- 18 Les ZFE: une mesure sanitaire
 - 18 Le principe des ZFE en France
 - 18 Les modalités et les territoires concernés
- 20 Réglementation européenne : des signaux forts pour les constructeurs
 - 20 L'interdiction de la vente de voitures thermiques en 2035
 - 20 La réglementation CAFE (Corporate Average Fuel Economy)
 - 20 La norme Euro 7 en cours de discussion
- 21 **Les leviers du renouvellement accéléré du parc automobile**
- 21 Le malus écologique
- 22 Le bonus écologique
- 22 La prime à la conversion
- 22 Les autres aides
- 23 **Vers une lente électrification du parc automobile**
- 23 **Les effets à prévoir des ZFE sur le parc automobile**
- 23 Une obsolescence réglementaire d'un grand nombre de véhicules particuliers
- 23 Des critiques fortes qui pourraient amener à un report des ambitions des ZFE
- 23 **Une mise en route poussive de l'électrification du parc**
- 23 La disparition totale des véhicules thermiques prévue pour 2050
- 24 Le poids du marché de l'occasion pour renouveler les véhicules
- 24 La solution du retrofit pour transformer un véhicule thermique en électrique

Page 26**Vers l'obsolescence accélérée des nouveaux véhicules électriques et thermiques****29 Quelle durée de vie pour les véhicules électriques ?****29 Les véhicules électriques sont-ils plus fiables ?**

29 Peu d'entretien et peu de pannes pour le moteur électrique

29 La durée de vie incertaine des batteries, pièce maîtresse

29 Les estimations de durée de vie des batteries

30 La durée de vie théorique à l'épreuve de l'usage

30 Des possibles dysfonctionnements des batteries

31 Des batteries réparables : utopie ou réalité ?

31 Qu'est-ce qu'une batterie réparable ?

32 Les pratiques d'irréparabilité : le risque de batteries jetables

33 Peut-on remplacer une batterie en fin de vie ?

34 Remplacement par le modèle originel de la batterie

35 Remplacement par un autre modèle de batterie

35 Le vide juridique concernant les batteries

36 Vers l'irréparabilité des véhicules électriques et thermiques : tous à la casse ?**36 Le giga-casting : vers des pièces indémontables**

36 Le giga-quoi... ?

37 Le risque préoccupant de gigas-gâchis

37 L'accès restreint aux pièces détachées

37 Des marques à contre-sens du SAV : le "zéro service"

38 Des pièces indisponibles

38 Les limites de la réparation au composant

39 Passer la seconde sur le développement des PIEC

39 Vers une logique de recyclage qui prime sur la réparation ?

40 Les limites des voitures connectées pour leur durabilité

40 Les avantages d'une voiture connectée

41 Le tout-électronique, pari risqué pour la réparabilité

41 La sérialisation gagne le secteur de l'automobile : une réparabilité verrouillée

42 Les risques d'obsolescence logicielle

42 Les voitures connectées : nouvel eldorado réservé aux constructeurs ?

Page 44**Conclusion générale****46 Nos propositions**

46 Proposition n°1 : Intégrer des normes de durabilité et réparabilité des batteries en Europe

46 Proposition n°2 : Garantir la démontabilité des véhicules

46 Proposition n°3 : Favoriser le marché des pièces détachées issues de l'économie circulaire (PIEC)

46 Proposition n°4 : Proposer un indice de réparabilité

47 Proposition n°5 : Étendre la garantie légale du véhicule

47 Proposition n°6 : Prévenir l'obsolescence logicielle des véhicules

07 Proposition n°7 : Encadrer les filières REP pour prioriser la réparation et le réemploi

Page 48**Annexes**

48 Annexe 1 : Focus sur le marché des pièces détachées

49 Annexe 2 : Focus sur les réglementations relatives aux données des véhicules connectés

Page 50**Références**

Introduction

L'automobile "à l'ancienne" a vécu. Les automobilistes d'une époque révolue pouvaient, pour peu qu'ils sachent ouvrir le capot, changer une bougie, une ampoule ou même une courroie. La mécanique était simple, les réparations aussi. Longtemps, la voiture sera restée un vrai modèle d'économie circulaire : forte réparabilité, entretiens réguliers, secteur de l'occasion dynamique et encadré, compteur d'usage kilométrique et transparence sur l'usage, mais émettrice de pollutions peu maîtrisées. Aujourd'hui et malgré de sérieuses avancées sur des moteurs plus propres, le secteur routier est à l'origine de 32 % des émissions nationales de gaz

71%
des Français
se déplacent
quotidiennement
en voiture

à effet de serre en 2022², et émet des gaz toxiques (micro particules et oxyde d'azote) qui provoquent 48 000 décès annuels, selon Santé publique France³. Pour réduire ce bilan catastrophique, les politiques publiques nationales et européennes prennent

les devants. L'automobile est aujourd'hui un sujet sensible : investissement financier important pour les consommateurs, impacts environnementaux et sanitaires considérables, politiques publiques bouleversant le marché, etc. Les zones à faibles émissions (ZFE) signent-elles l'arrêt de mort prématurée de nos voitures thermiques ? Les véhicules électriques ont-ils vocation à les remplacer ? Quels sont les impacts sur les consommateurs et l'environnement des mutations du secteur ? À quoi ressemblera le futur de l'automobile ?

Pour nous permettre d'y voir plus clair, HOP présente un rapport inédit, construit à partir de recherches et d'entretiens avec des professionnels et experts du secteur. Nous avons voulu interroger l'obsolescence réglementaire accélérée des véhicules thermiques, tout en s'intéressant à la durabilité des nouveaux modèles.

HOP a pour ambition d'éclairer les consommateurs dans leurs choix de motorisation, actuels ou futurs, et les informer au mieux sur les enjeux économiques et environnementaux d'un secteur en mutation. L'association vise aussi, par une approche transversale de l'économie circulaire, à formuler des recommandations de politiques publiques constructives.


Nos travaux se concentrent sur les véhicules particuliers, qui concernent la grande majorité des automobilistes : 71 % des Français se déplacent quotidiennement en voiture⁴, et 38,9 millions de véhicules particuliers circulent sur le territoire en 2022⁵. Si nous avons décidé de nous plonger dans le monde des automobiles, nous tenons à rappeler ici que, dans le secteur de la mobilité comme pour les appareils électriques ou le textile, la voiture la plus vertueuse est celle qu'on ne produit pas. Il paraît illusoire de penser que nous pourrions atteindre les objectifs de l'accord de Paris si l'usage de l'automobile n'évolue pas : les politiques publiques doivent également favoriser le report sur d'autres moyens de transports plus vertueux comme les transports en commun, le vélo et la mobilité douce (ou même marcher !), l'usage partagé de l'automobile (autopartage, covoiturage, location, etc.) et permettre cette transition de manière systémique.

Cela étant dit, la manière dont fonctionne notre société et la façon dont sont construits nos villes, nos villages et nos réseaux de transports ne permettent pas encore de se passer facilement d'une voiture individuelle. Celle-ci reste encore centrale pour beaucoup : 86% des foyers français possèdent au moins une voiture⁶. Cela appelle une réflexion plus large sur la transformation de l'espace public, l'adaptation des habitudes quotidiennes, la prise en compte des coûts supplémentaires engendrés, etc., que nous n'aborderons pas ici.

Après un point sur ces nouvelles réglementations et tenter d'aider les consommateurs à y voir plus clair, nous nous pencherons sur le sujet de la durabilité et de la réparabilité des voitures. À l'issue de cette enquête, HOP propose une analyse prospective du secteur et des recommandations pour un futur de la mobilité durable.







L'obsolescence réglementaire de voitures thermiques encore fonctionnelles

Les voitures thermiques sont-elles vouées à disparaître ? À quelle échéance et qui est concerné ? Dans cette partie, nous analysons les réglementations et politiques publiques qui poussent au passage à la voiture électrique et nous tentons d'en saisir les impacts sociaux, économiques et écologiques.

12

Les raisons d'une obsolescence réglementaire dans le secteur automobile

21

Les leviers du renouvellement accéléré du parc automobile

23

Vers une lente électrification du parc automobile

Les raisons d'une obsolescence réglementaire dans le secteur automobile

La fabrication et l'utilisation des véhicules, thermiques ou électriques, ne sont pas sans impact. Nous détaillerons dans cette partie les effets sanitaires, écologiques et économiques de ces derniers, avant d'établir un panorama des différentes motorisations et de présenter les réglementations en place et à venir.

Les impacts sanitaires, écologiques et économiques

Les impacts sanitaires

Le transport routier est source de risques sanitaires importants, provoquant ou aggravant les maladies cardiovasculaires et respiratoires. Deux principaux types de pollutions posent problèmes :

- Les **particules fines**, dont le secteur routier est responsable d'entre 13 % et 15 % des émissions en France⁷. Les autres sources majeures d'émissions sont le chauffage, l'agriculture, et l'industrie.
- Les **oxydes d'azote** (NOx), dont le secteur du transport routier est le premier émetteur en France (plus de 54 % des émissions nationales⁸).

Selon Santé publique France⁹, entre 2016 et 2019, les particules fines ont été à l'origine d'en moyenne 40 000 décès par an. Ce chiffre s'élève à 7 000 pour les oxydes d'azote.

Depuis les années 2000, les réglementations ont permis des réductions de plus de 50 % de ces émissions en France¹⁰. Malgré cela, les seuils maximaux imposés par la réglementation européenne¹¹ sont régulièrement dépassés, notamment dans les grandes villes. Ces pollutions ont un effet qualifié de "local", elles ont un impact direct sur les populations situées sur leur lieu d'émission.

Différentes phases de la vie des voitures sont émettrices¹² :

- Les émissions durant la **phase d'utilisation** se répercutent principalement sur les populations situées autour de la zone de circulation du véhicule.

L'échappement des voitures thermiques est à l'origine de la majorité de ces émissions. Plus les véhicules sont récents, plus ils sont soumis à des normes de réduction de ces émissions.

Cependant, indépendamment de leur motorisation, tous les véhicules produisent des émissions par l'usure des plaquettes de frein et des pneus¹³. Les véhicules électriques émettent donc également des particules fines. Ces particules hors échappement seront normalement prises en compte dans la prochaine norme Euro 7¹⁴.

- Les émissions liées aux **phases de production et de fin de vie** de la voiture se répercutent sur les populations situées autour des zones d'extraction des matières premières et de production des pièces, mais aussi des lieux de traitement des véhicules en fin de vie.

Pour plus d'informations sur la qualité de l'air près de chez vous, vous pouvez consulter le site [Geodair](#)¹⁵ et l'application [Recosanté](#)¹⁶.

Les impacts écologiques

L'usage d'un véhicule routier suppose forcément une pollution ou des impacts sur les ressources. Un certain nombre de ces impacts sont communs à tous les véhicules routiers, d'autres dépendent de leur motorisation, leur carburant ou leur catégorie. Voici les différentes étapes du cycle de vie d'une voiture à prendre en compte pour embrasser l'ensemble de ses impacts environnementaux :

- **L'étape de fabrication** : extraction, raffinage et transport de ressources, consommation d'énergie pour l'assemblage
- **La phase de transport** : pour acheminer le produit fini de son lieu de fabrication au concessionnaire

- **La phase d'utilisation :**
 - phase d'approvisionnement en carburant/énergie (well to tank) : extraction des matières premières, infrastructures de raffinage et de transport
 - phase d'utilisation du véhicule par l'automobiliste (tank to wheel) : gaz à effet de serre d'échappement issu de la combustion (si moteur thermique)
- **La phase de réparation et d'entretien :** l'impact environnemental de cette phase est plutôt difficile à estimer, d'autant plus dans le contexte mouvant dans lequel nous nous situons. Nous nous attarderons sur ces enjeux en deuxième partie de ce rapport
- **La phase de fin de vie :** démantèlement, traitement des pièces détachées, recyclage, élimination des déchets
- **Les infrastructures :** bornes de recharges, acheminement des carburants, routes et leurs impacts sur l'imperméabilisation des sols, etc.

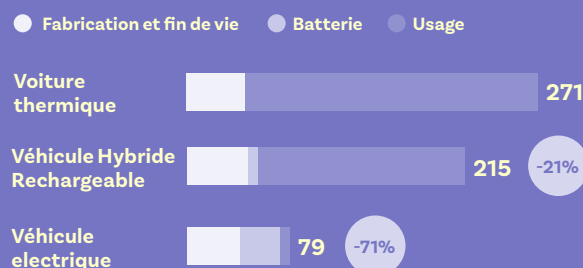
Toutes les phases de la vie d'un véhicule supposent l'émission, directe ou non, de **gaz à effets de serre**, participant fortement au changement climatique. C'est souvent le premier impact mis en avant, et il est en effet considérable : le secteur des transports est le premier émetteur, en France¹⁷ comme en Europe¹⁸. Dans les deux cas, le transport routier représente plus de 70% de l'empreinte carbone du transport (72% en UE en 2019, 95% en France en 2020).

Au-delà de l'empreinte carbone, il convient de souligner d'autres impacts, comme le rappelle l'Ademe¹⁹ :

- L'extraction et l'utilisation de certaines ressources (minerais, carburants fossiles) sont émettrices d'oxyde de soufre qui contribue à aggraver le phénomène d'**acidification des sols et des eaux**. Ce dernier est identifié comme l'une des neuf limites planétaires.
- Les émissions d'oxyde d'azote, au-delà de leur toxicité sanitaire, contribuent aussi à l'**eutrophisation des milieux terrestres**. L'exploitation des ressources minières est quant à elle l'une des causes de l'**eutrophisation des milieux marins**. Identifiés comme des limites planétaires (perturbation des cycles de l'azote et du phosphore), ces phénomènes mettent en danger l'équilibre des écosystèmes.
- **L'épuisement des ressources :** cette donnée est difficile à estimer, puisque notre connaissance des ressources n'est pas exhaustive, et que leur exploitabilité dépend de nombreux facteurs. Il convient cependant de mentionner leur caractère fini : plus on épuise les gisements les plus accessibles et plus il sera coûteux (énergie, impacts sociaux et environnementaux) d'exploiter des filons moins accessibles (minerais de moins en moins concentrés dans les roches, ressources fossiles offshore, sables bitumineux, etc.).

Les impacts écologiques des véhicules électriques versus thermiques

Empreinte carbone moyenne d'une voiture vendue en 2020 en France, en grammes d'équivalent CO₂/km, calculée sur 200 000 kilomètres parcourus (voiture thermique, hybride rechargeable et électrique) :



Source : Carbone4²⁰.

Ce graphique met en évidence que les voitures électriques ont un impact à l'usage incontestablement moins important que les voitures thermiques (en termes de CO₂ plus particulièrement). Cependant, pour qu'elles soient vertueuses économiquement et environnementalement, l'allongement maximal de leur durée de vie est primordial, étant donné que la majeure partie de l'impact environnemental de ces voitures est liée à leur production (en particulier celle de leurs batteries).

En effet, alors qu'une voiture thermique ne nécessite que du cuivre et du manganèse, ces batteries font appel à une grande quantité de minerai : cuivre et manganèse en quantité supérieure, mais aussi lithium, cobalt, nickel, et graphite²¹. Leur extraction et leur raffinage sont responsables d'importants impacts environnementaux (acidification des milieux, eutrophisation, émissions de gaz à effets de serre, etc.) et sociaux. L'extraction de ces minerais cause la destruction d'écosystèmes et met en danger les populations locales²².

Si les constructeurs tendent à diminuer la quantité relative (par kWh) de ressources nécessaires pour la production des nouvelles générations de batteries²³, la course à l'autonomie conduit cependant à faire des voitures électriques de plus en plus puissantes et donc de plus en plus gourmandes en minerai en valeur absolue²⁴. Par ailleurs, l'impact de leur utilisation dépend du pays dans lequel elles circulent : l'impact environnemental de l'électricité est lié à la façon dont elle est produite. Si la France dispose d'un mix énergétique relativement décarboné, fondé sur le nucléaire, ce n'est pas le cas de tous les pays européens²⁵.

Le coût économique

De manière générale, nous pouvons identifier les coûts suivants que le propriétaire devra assumer tout au long de la vie de son véhicule :

- **Coût d'investissement initial** : achat et immatriculation obligatoire
- **Coût d'assurance** : selon la catégorie de véhicule, la formule choisie, la région, le profil du conducteur, mais aussi la motorisation, etc.
- **Coût du carburant** (diesel, essence, biocarburant, gaz) **ou de l'électricité**
- **Coût de l'entretien** et de la réparation
- **Coût de dépréciation** du véhicule, qui correspond à la différence entre le prix d'achat et celui de revente à la fin de la période de détention. Ce coût est difficile à estimer : il nécessite de se projeter des années en avant, et les facteurs entrant en compte sont nombreux (évolutions politiques, capacité de réparation des voitures, évolutions des prix sur le marché neuf – si les prix des voitures électriques neuves baissent, les prix d'occasions devront suivre –, changements de standards de puissance et de capacités, etc.)
- **Les primes ou pénalités** appliquées selon le type de véhicule et la situation de son propriétaire.

Nous verrons, dans ce rapport, que les coûts économiques se répartissent différemment entre véhicules thermiques et électriques dans le temps.

Panorama comparatif des différentes motorisations

Les tableaux récapitulatifs synthétiques présentés ici visent à comparer les impacts écologiques et économiques entre les différentes motorisations et illustrer les arbitrages qui s'imposent aux citoyens et citoyennes²⁶, à l'aune de la transition que nous analysons dans ce rapport.

Nos recherches nous permettent de compiler dans les tableaux qui suivent des pistes de réponses. Cependant, nous n'avons pas nous-même effectué les calculs chiffrés, et ces derniers sont fondés sur les résultats de différentes études, les sources utilisées sont citées dans le détail de la bibliographie. Ainsi, s'ils peuvent être intéressants, ces éléments de comparaison sont à prendre avec un certain sens critique et de manière indicative.

Nous avons choisi de ne faire figurer dans les tableaux que les éléments variables d'une option à l'autre (donc sans prendre en compte les impacts considérés indépendants du mode de motorisation : phase de transport, phase de fin de vie, impact de la carrosserie et des pneus). Dans ces tableaux, nous n'avons pas mentionné l'importance du poids des véhicules et de leur autonomie, afin de ne pas les complexifier outre mesure. Les chiffres présentés correspondent donc à une moyenne pour toute la catégorie étudiée. Cependant, ces paramètres ont une importance considérable, tant sur le prix des voitures (et les taxes qui s'y appliquent) que sur leur impact environnemental (cf. encadré ultérieurement). Par ailleurs, les coûts et impacts de la réparation et de la fin de vie étant difficiles à estimer, nous nous sommes limités aux coûts de la maintenance. Nous développerons davantage cette question de la réparabilité en seconde partie du rapport.

Comme pour les impacts écologiques, les coûts économiques de la voiture électrique semblent plutôt se concentrer à la production et à l'achat. Le coût de l'énergie électrique est tendanciellement moins élevé que celui des carburants fossiles. Par ailleurs, les estimations des professionnels du secteur font valoir un gain économique sur le besoin considérablement réduit de l'entretien des véhicules électriques : moins de pièces, un moteur inépuisable, etc²⁷. Nous aurons l'occasion de revenir sur cette promesse en deuxième partie.

À noter que l'intérêt du passage à l'électrique dépend du nombre de kilomètres parcourus avec le même véhicule²⁸. Pour un rouleur moyen, le passage à l'électrique sera plus vertueux que de conserver sa voiture thermique, qui pollue à chaque kilomètre supplémentaire, et dont le carburant représente un budget conséquent. Pour un petit rouleur, conserver sa voiture thermique le plus longtemps possible peut permettre d'avoir un bilan environnemental et économique finalement moins important que s'il avait changé pour une voiture électrique (à condition que la norme ZFE de la ville le permette, comme nous le verrons après). Carbone4 estime que c'est autour des 30 à 40 000 km parcourus que la voiture électrique devient une option intéressante pour le climat²⁹. À l'inverse, pour les véhicules roulant moins de 3 000 km par an, le passage à l'électrique n'est pas forcément une alternative positive évidente.

L'intérêt du passage à l'électrique dépend du nombre de kilomètres parcourus avec le même véhicule

Les couleurs sont indicatives et relatives :

- Ne correspond pas à l'absence d'impact négatif ni à une gratuité, mais bien à l'option qui semble supposer le moins d'impact ou bien le prix le plus réduit
- A contrario, plus on tire vers le rouge, plus l'impact négatif est fort

IMPACT ENVIRONNEMENTAL								
Type de motorisation	Thermique				Hybrides		Électrique	
	Diesel	Essence	GPL	Bioéthanol E85	Hybride HEV	Hybride rechargeable		
À la fabrication, entretien et fin de vie	Indépendants du mode de motorisation : <ul style="list-style-type: none"> Impact lié à la production de la carrosserie, dépend du poids et du volume Impact du transport pour la distribution du produit Émissions de gaz à effet de serre, acidification et eutrophisation des milieux, épuisement des ressources³⁰ Ces voitures intègrent une batterie de démarrage au plomb dont les impacts sont limités ³¹ .				Indépendants du mode de motorisation : <ul style="list-style-type: none"> Impact lié à la production de la carrosserie, dépend du poids et du volume Impact du transport pour la distribution du produit Émissions de gaz à effet de serre, acidification et eutrophisation des milieux, épuisement des ressources³²			Pour la batterie³³ : <ul style="list-style-type: none"> Extraction et raffinage de minerais en grande quantité (nickel, cobalt, graphite) Assemblage particulièrement énergivore Ce sont des pollutions chimiques, qui ont un impact écologique et social sur les populations locales. L'impact carbone équivaut à entre 60 et 100 kg de CO2 émis par kWh de batterie produit³⁴ .
	A l'usage	Carbone, émis par la production du carburant et sa combustion le cas échéant	Autres impacts ³⁷					
	3,16 kg CO2eq/L³⁵ Environ 19,9 kg CO2e/100 km ³⁶	2,8 kg CO2eq/L³⁷ Environ 21 kg CO2eq/100 km ³⁸	1,86 kg CO2eq /L³⁹ Environ 16,7 kg CO2eq/100 km ⁴⁰	1,68 kg CO2eq/L⁴¹ Environ 15,8 kg CO2eq/100 km ⁴² Certains considèrent que leurs émissions sont neutres en carbone, parce que c'est un «cycle court» de CO2. Les émissions sont considérées comme entièrement compensées en amont par les plantes à partir desquelles a été produit le biocarburant. C'est une hypothèse très optimiste, supposant que les déchets (ménagers ou stations d'épuration) n'alimentent pas les méthaniseurs ⁴³ .	Dépend du mode d'usage. Les impacts à l'utilisation dépendent de la consommation en carburant. Les économies de carburant, principalement en ville, réduisent donc les impacts.	Dépend du mode d'usage. Meilleur bilan carbone à l'utilisation que les voitures thermiques, sous réserve que tous les trajets de distance inférieure à l'autonomie de la batterie soient effectués en électrique.	45 gCOeq/kWh en France en 2022 ⁴⁴ Environ 0,77g CO2eq /100km ⁴⁵ Aucune émission directe. L'impact réel de l'électricité dépend de la manière dont elle est produite, et donc du mix énergétique. En France, celui-ci est plutôt décarboné. Pour comparaison, la moyenne européenne de 2022 tourne autour de 251 kg/kWh ⁴⁶ .	
	Selon l'étude E4T de l'Ademe, la production (et consommation dans une moindre mesure) de carburant fossile a un impact sur l'acidification des sols et l'eutrophisation terrestre. Ainsi, le diesel vient égaler les voitures électriques les plus performantes pour ce qui est de l'eutrophisation terrestre.	A la production (et consommation) a moins d'impact que les autres carburants fossiles sur l'acidification des sols et l'eutrophisation terrestre. Autres effets de la production des biocarburants : utilisation des sols, consommation de ressources en eau, épandages de pesticides, etc. ⁴⁸					Électricité décarbonée = extraction de minerais (terres rares ⁴⁹ , uranium) pour l'installation d'ENR et pour le nucléaire. Cela aggrave le bilan environnemental de la production des batteries : rarefaction des ressources, eutrophisation et acidification des milieux aquatiques et terrestres, gestion des déchets nucléaires.	

IMPACT ÉCONOMIQUE								
Type de motorisation	Thermique				Hybrides		Électrique	
	Diesel	Essence	GPL	Bioéthanol E85	Hybride HEV	Hybride rechargeable		
À l'achat	Prix d'achat neuf ⁶⁰	37 997 € en 2023	28 124 € en 2023	Tendanciellement moins cher qu'une voiture thermique classique (19 294 € en 2023)		Non renseigné	59 419 € en 2023	41 994 € en 2023
				Retrofit environ 3 000€ ⁵¹	Retrofit entre 800 € et 1 200 € ⁵²			Retrofit entre 12 000€ et 15 000€ ⁵³
	Taxes ⁵⁴	Soumis au malus écologique (jusqu'à 60 000€ de malus en fonction du poids et des émissions de GES)				Soumis au malus avec faible abattement <i>Les hybrides rechargeables à haute autonomie, exemptées jusqu'alors, y seront soumises en 2025</i>		Exemptées
	Aides ⁵⁵	Aucune aide	Aides à certaines conditions pour les voitures d'occasion (microcrédit et prime à la conversion si émissions ≤ 132 gCO2/km)		Aides à certaines conditions <ul style="list-style-type: none"> • Si émissions ≤ 132 gCO2/km = micro-crédit + prime à la conversion si voiture d'occasion ou retrofit • Si émissions ≤ 50 gCO2/km = prêt taux 0 ZFE 		Éligible aux aides, pouvant atteindre 11 000€ cumulés <i>Prime à la conversion, bonus écologique, aides locales, micro-crédit, prêt taux 0, leasing social</i>	
À l'usage	Carburants ⁵⁶	1,9 €/L en moyenne en 2023 Environ 7,6 €/100km	1,9 €/L en moyenne en 2023 Environ 10,1€/100km	Autour d'1 €/L pour le E85 et le GPL Les économies annoncées par le prix au litre (environ 50% moins cher) sont en partie diminuées par la moindre efficacité énergétique de ces carburants : il faudra en consommer entre 20 % et 25 % de plus pour effectuer la même distance qu'avec de l'essence. ⁵⁷ La réduction de coûts sera donc de 25 à 30%, et non de 50%.		Dépend du type de consommation (comparable aux prix essence et électrique)		Entre 500 € et 2000 € pour l'installation d'une borne ⁵⁸ (auquel on peut décompter certaines aides selon la situation ⁵⁹) +3,3 €/100km à domicile ⁶⁰ ou jusqu'à 10,6 €/100km sur les bornes de recharge hors domicile ⁶¹
	Maintenance	Entretien fréquent nécessaire, pour vérification et vidange.					Coûts d'entretiens et de maintenance au quotidien estimés inférieurs de 20 % à 40 % par rapport à une voiture thermique, visites techniques plus espacées ⁶²	

Concernant les véhicules hybrides, nous porterons quelques points d'attention. En effet, il semblerait qu'ils soient moins profitables pour l'environnement du fait de la présence de deux motorisations, qui augmente significativement la masse du véhicule et donc sa consommation⁶⁷. De plus, il paraît que les automobilistes utilisent peu le mode électrique (moins de 40 % des kilomètres) du fait de la présence du moteur thermique⁶⁸. Ce qui en fait un véhicule présentant peu d'avantages pour le climat, d'autant que son prix est assez élevé à l'achat.

Ainsi, l'ensemble de ces impacts ont poussé les décideurs publics à voter de nouvelles réglementations en France et en Europe et à mettre en place les leviers nécessaires pour transformer le secteur.

Les ZFE et autres réglementations européennes : des normes qui transforment le secteur

Au niveau français comme européen, ces dernières années ont été marquées par la mise en place de nombreuses mesures et objectifs visant à la réduction des impacts environnementaux et sanitaires du secteur du transport routier. **Le Green Deal européen adopté en 2019 fixe en effet un objectif fort de neutralité carbone du transport routier d'ici à 2050.** Pour cela, il prévoit une réduction de 90% des émissions de gaz à effet de serre du parc européen en 2050 par rapport au niveau de 1990⁶⁹. Confirmée en France par la loi d'orientation des mobilités de 2019, cette ambition laisse supposer la multiplication à venir des restrictions pour les voitures thermiques, et des incitations au passage aux "véhicules décarbonés".

Favorisant la transition du parc automobile pour des voitures moins polluantes, ces dispositifs publics supposent une **"obsolescence réglementaire" : l'utilisation d'un véhicule devient impossible ou indésirable du fait de la réglementation et des incitations économiques publiques, qui poussent donc au renouvellement accéléré de l'équipement.**

HOP dresse ici un panorama des législations adoptées en la matière, pour mieux comprendre les incitations françaises et européennes à changer de voiture.

Le Green Deal prévoit une réduction de 90 % des émissions de gaz à effet de serre

Les voitures à hydrogène : une alternative ?

La voiture à hydrogène (H2) peut-elle permettre un bon compromis entre décarbonation et autonomie de la voiture thermique ? Nous ne saurions trancher cette question ici, mais la plupart des experts interrogés nous ont fait savoir que cette solution semble présenter aujourd'hui peu d'avantages comparé aux autres options. Elle est plus coûteuse et moins autonome qu'une voiture thermique, son impact environnemental est supérieur à celui de la voiture électrique (extraction du platine pour la pile à combustible)⁶³, et les infrastructures de recharge adaptées sont encore peu développées en France⁶⁴. Son principal avantage : faire un plein d'H2 est plus rapide que de recharger la batterie d'une voiture électrique. C'est pourquoi l'H2 peut avoir un intérêt pour le transport lourd et longue distance, ou pour les flottes captives d'entreprises⁶⁵. Mais la voiture à l'H2 paraît présenter à ce stade trop d'inconvénients pour voir son usage se généraliser chez les particuliers⁶⁶.



Les ZFE: une mesure sanitaire

Le principe des ZFE en France

Face au dépassement régulier des valeurs limites de pollution sanitaire déterminées au niveau européen⁷⁰, de nombreux pays ont progressivement mis en place des interdictions de circulation des véhicules les plus polluants dans certaines zones. En France, cette politique est celle des zones à faibles émissions mobilité (ZFE), mises en place par la loi d'orientation des mobilités (LOM, 2019), et la loi climat et résilience (2021). Les pollutions prises en compte sont celles qui supposent le plus gros impact sanitaire : les émissions de particules fines et d'oxydes d'azote (NOx).

Les ZFE introduisent pour cela une classification des véhicules sous forme de vignettes appelées **Crit'air**, allant de 1 à 5. Le classement est fondé sur les "normes Euro". Ces dernières sont des normes de conception, qui fixent des seuils maxima autorisés d'émissions de polluants sanitaires par les véhicules neufs. Il y a eu 6 générations successives de normes Euro depuis les années 1990, augmentant progressivement les exigences. La septième est en cours de discussion au Conseil de l'Union au moment où nous écrivons ce rapport. Tout véhicule doit respecter la norme Euro en vigueur au moment de sa première mise en circulation.

En bref, plus un véhicule thermique est récent, moins il émettra de particules fines et de NOx, grâce à l'intégration de pots catalytiques et de filtres à microparticules performants (répondant aux exigences européennes de conception récentes).

En s'intéressant maintenant aux modalités des ZFE, nous souhaitons savoir **dans quelle mesure ces obligations provoquent l'obsolescence réglementaire des véhicules actuels et fonctionnels.**

Les modalités et les territoires concernés

Notons que le classement en Crit'Air varie selon la catégorie de véhicules. Il prend en compte tous les véhicules motorisés (deux roues, voitures, poids lourds, autobus, autocars). Nous traitons ici de la catégorie "véhicules légers" qui concerne la majorité des particuliers.



Tous les véhicules 100 % électriques et hydrogènes



Tous les véhicules gaz et hybrides rechargeables, et les essences dont la première immatriculation s'est faite après le 1^{er} janvier 2011 inclus*



Les voitures à essence immatriculées avant 2011, les voitures diesel immatriculées après le 1er janvier 2011 inclus



Véhicules essence immatriculées avant le 1er janvier 2006, et diesel immatriculées avant le 1er janvier 2011



Véhicules diesel immatriculés avant le 1^{er} janvier 2006



Véhicules diesel immatriculés avant 2001



Les véhicules immatriculés avant le 1^{er} janvier 1997, qu'ils soient à essence ou diesel, n'ont pas le droit à une vignette Crit'air. Ils sont interdits de circulation dans toutes les ZFE, sauf s'ils appartiennent à la catégorie des voitures dites "de collection".

* À noter que Crit'Air 1 exclut totalement les voitures à diesel, étant donné qu'elles sont fortement émettrices de NOx et de microparticules, réducteur pour un dispositif à visée d'abord sanitaire.



Pour circuler dans une ZFE, l'automobiliste devra obligatoirement faire figurer sur son véhicule sa vignette Crit'Air. À noter que les vignettes sont les mêmes d'une ZFE à l'autre. La demande s'effectue en ligne, et la vignette sera valable pour toute la durée de vie du véhicule. Attention, certains sites Internet proposent l'achat de vignettes à un prix beaucoup plus élevé que le site officiel (certificat-air.gouv.f).

Le décret d'application des ZFE concerne différents types de territoires⁷¹, les voici du plus restrictif au moins restrictif :

- **Les agglomérations "territoires ZFE" (LOM) :** Elles dépassent régulièrement les seuils réglementaires de qualité de l'air, et ont donc été tenues de mettre en place une ZFE sur un périmètre minimum. Seules deux agglomérations (Lyon et Paris)⁷² appartiennent à cette catégorie désormais. Elles sont soumises à de fortes obligations : interdiction des Crit'Air 4 depuis 2024, puis des Crit'Air 3 à partir de 2025. Si leur qualité de l'air s'améliore, elles pourront néanmoins passer dans la catégorie moins restrictive dite "territoires de vigilance". C'est le cas pour Marseille, Rouen et Strasbourg, comme annoncé en mars 2024⁷³.
- **Les agglomérations "territoires de vigilance" (loi Climat et résilience) :** Les grandes agglomérations métropolitaines de plus de 150 000 habitants devront mettre en place une ZFE avant 2025. Cela concerne 40 agglomérations⁷⁴, qui devront interdire au moins les voitures Crit'Air 5 et non classées. Au-delà des minimums obligatoires, chaque collectivité décide des modalités concrètes d'application des ZFE : exigences supplémentaires d'interdictions de Crit'Air, calendrier de restrictions, périmètre, dérogations⁷⁵, etc.
- **Les ZFE facultatives :** Lorsqu'une agglomération ou une zone n'est pas tenue de créer une ZFE, les collectivités territoriales peuvent cependant choisir d'en mettre une en place de manière volontaire.



Vous pouvez consulter les réglementations en vigueur dans les différentes ZFE sur mieuxrespirerenville.gouv.fr. Le site zfe.green propose une carte interactive pour visualiser les ZFE dans lesquelles vous pourrez circuler selon votre véhicule.

Concrètement, les ZFE concernent de plus en plus de véhicules. Au niveau national, les véhicules particuliers qui pourraient être visés par des restrictions d'ici à 2025 représentent **un tiers du parc automobile** (34% début 2023)⁷⁶. Certains véhicules, même si encore fonctionnels, ayant plus de 18 à 21 ans, voire de parfois seulement 13 ans (diesel), sont désormais menacés d'interdiction de circulation dans de nombreuses agglomérations.

Que deviennent les véhicules fonctionnels, réglementairement obsolètes ?

Avec la prime à la conversion et l'instauration des ZFE, les concessionnaires reçoivent de plus en plus de véhicules en bon état mais difficiles à revendre sur un marché européen.

Il y a donc toute une vie après la mort officielle de nos voitures : les flux de véhicules sont notamment dirigés vers l'Europe de l'Est ou l'Afrique, où ils seront souvent débarrassés de leurs systèmes de dépollution (pots catalytiques notamment), et réparés pour durer des années encore. Nous nous sommes entretenus avec Renaud Hourcade, chargé de recherches au CNRS et à Sciences Po Bordeaux, qui a travaillé sur le sujet. Selon lui, au Sénégal, 80% des véhicules mis sur le marché sont d'occasion, issus des marchés occidentaux ou asiatiques. D'après le chercheur, voici, en résumé, certains effets de ces flux que l'on peut souligner :

- La durée de vie des véhicules est considérablement allongée sur les marchés africains, mais c'est au prix d'une diminution drastique des exigences en matière sanitaire, environnementale et de sécurité routière.
- Pour le marché français, ces flux occasionnent entre autres une fuite des gisements de pièces détachées.



Voitures, Guinée Conakry

Réglementation européenne : des signaux forts pour les constructeurs

Trois normes en particulier donnent des axes forts aux constructeurs sur leurs obligations concernant les véhicules de demain.

L'interdiction de la vente de voitures thermiques en 2035

Le règlement européen Fit for 55 introduit l'interdiction de la vente des voitures thermiques neuves à partir de 2035⁷⁷, qui concerne toutes les voitures disposant d'un moteur thermique, qu'elles soient à diesel, essence, ou même hybride. Sachant que la commercialisation d'un modèle se fait souvent pendant environ 10 ans, le lancement des derniers véhicules thermiques neufs devrait être en 2025... ! Pour autant, les véhicules achetés avant 2035 pourront continuer de rouler, et la vente de véhicules d'occasion thermiques sera toujours possible après cette date.

Cependant, suite à un blocage par l'Allemagne en mars 2023, l'Union européenne (UE) s'engage à ouvrir la voie aux **carburants de synthèse** (e-fuel) dans une autre proposition qui devra être adoptée en automne 2024. Les carburants de synthèse, consistant en la production de carburant à partir du CO₂ issu d'activités industrielles⁷⁸, sont défendus par certains constructeurs allemands et italiens⁷⁹. Cela laisse entrevoir que les véhicules à moteur thermique pourraient être immatriculés après 2035, "s'ils utilisent exclusivement des carburants neutres en carbone"⁸⁰. Carbone 4 émet des critiques quant à l'aspect "neutre en carbone" des e-fuel⁸¹, et selon la fédération d'ONG Transport & Environnement, leur mode de production est énergivore et sa viabilité économique et technologique est encore incertaine⁸².

La réglementation CAFE (Corporate Average Fuel Economy)

Cette réglementation européenne s'applique à tous les constructeurs automobiles vendant leurs voitures en UE. **La moyenne des émissions de l'ensemble des véhicules particuliers vendus par un constructeur doit respecter une limite d'émissions de CO₂ au kilomètre.**

Cette réglementation **impose des jalons intermédiaires pour l'électrification** (incitant les constructeurs à augmenter la part de voitures électriques vendues pour réduire la moyenne d'émission de GES de leurs ventes et ainsi éviter les amendes).

En vigueur depuis 2015, cette norme a été considérablement renforcée en 2021, la limite à respecter passant de 130 g de CO₂/km à 95 g de CO₂ / km. Elle sera encore plus exigeante en 2025, **prévoyant une limite abaissée à 81 g de CO₂/km**⁸³. Il convient de souligner que cette valeur est pondérée en fonction du poids des voitures : plus un véhicule est lourd, plus il a le droit d'émettre (ce qui revient, de façon absurde, à favoriser les SUV face aux petites citadines).



L'amende imposée aux constructeurs est élevée, fixée à 95 € par gramme de CO₂ excédentaire, auxquels on multiplie le nombre de véhicules vendus.

La norme Euro 7 en cours de discussion

Au moment où nous écrivons ce rapport, la septième génération de la norme Euro vient d'être adoptée par le Parlement européen, et est en attente d'approbation par le Conseil de l'UE.

Cette norme maintient les conditions de la norme euro 6 pour évaluer les émissions de polluants sanitaires, mais établit en outre des plafonds d'émissions issues des freins et des pneumatiques. En effet, une grande partie des microparticules toxiques pour la santé sont émises hors échappement⁸⁴, et n'étaient donc pas prises en compte jusqu'alors par la réglementation européenne (et de ce fait par les ZFE).

Par ailleurs, la norme Euro 7 devrait prévoir la prise en compte d'éléments de durée de vie des batteries pour les véhicules électriques, en termes de capacité d'autonomie après un certain nombre de kilomètres. Cette norme, si elle est adoptée en l'état, constitue donc un signal de plus pour les constructeurs et metteurs sur le marché en faveur de la bonne performance environnementale des véhicules.

Pour résumer, les politiques publiques françaises et européennes ont pour objectif de favoriser le renouvellement du parc automobile national, pour des raisons politiques, écologiques et sanitaires. Elles modifient les conditions économiques et réglementaires de l'acquisition d'une nouvelle voiture, en faveur de modèles plus récents dans le cas des ZFE, et de véhicules décarbonés en général. **Rebattant les cartes du marché, ces réglementations ont donc des impacts forts, tant sur le secteur automobile que sur les automobilistes.**

HOP propose d'esquisser les contours des impacts sur le secteur, puis de dresser un panorama des options qui s'offrent aux usagers en comparant leurs impacts environnementaux, économiques et sanitaires.

Les leviers du renouvellement accéléré du parc automobile

Un certain nombre de mesures pénalisant les voitures les plus polluantes ou soutenant l'achat de véhicules considérés propres ont été renforcées en février 2024, notamment le bonus malus écologique et la prime à la conversion. Ils favorisent ainsi, via l'incitation économique, l'électrification du parc automobile.

Le malus écologique

Ce malus pénalise l'achat de voitures thermiques lourdes et polluantes, y compris les hybrides à partir de 2025.

Il ne concerne pas les véhicules d'occasion (sauf achetés à l'étranger), et se concentre sur plusieurs catégories de véhicules, dont les véhicules particuliers. Il est plafonné à 60 000 € maximum, en combinant les deux taxes suivantes :



Taxe CO2⁸⁵, allant de 50 € à 60 000 €, se déclenchant lorsque les émissions ≥ 118 gCO₂/km



Taxe au poids⁸⁶, allant de 10 € à 30 € par kilo supplémentaire au-delà du seuil d'1,6 T.

Un remboursement partiel est proposé aux ménages ayant au moins trois enfants à charge⁸⁷.



Des aides directes à l'achat de véhicules propres sont aussi disponibles selon la situation des ménages, favorisant les moins aisés.

Véhicules légers ou lourds, quels impacts ?

Rappelons ici que :

- Plus une voiture thermique est lourde, plus elle consomme de carburant et donc plus elle aggrave son bilan carbone⁸⁸.
- Plus une voiture électrique est puissante en termes d'autonomie, plus sa batterie est gourmande en minéral. Plus une voiture électrique est lourde, plus elle consomme d'énergie⁸⁹.

Il semble primordial d'encourager, de manière générale, à limiter la taille et la puissance des voitures particulières, d'autant que la tendance au long terme est croissante, tant pour les thermiques⁹⁰ que les électriques⁹¹. Cette question se pose d'autant plus pour les hybrides rechargeables, dont les $\frac{3}{4}$ étaient des SUV en 2020⁹², et qui pèsent en moyenne 1,8 tonne en 2023⁹³. De manière générale, on observe qu'en 30 ans, la masse des véhicules en France a augmenté de 30 %⁹⁴.

Ces impacts expliquent les positionnements de certains acteurs, défendant des mesures pour inciter le marché à proposer des véhicules plus légers⁹⁵. Mais certains constructeurs nuancent ces considérations, et nous ont alertés sur le fait que certains véhicules étaient plus lourds en raison de modalités d'assemblage qui permettent leur réparabilité. À l'inverse, la marque Tesla a fait le choix de mettre sur le marché des véhicules imposants, mais qui restent plus légers que leurs concurrents (priorisant l'autonomie des voitures). Nous verrons dans la deuxième partie que ces pratiques ne sont pas sans conséquences sur la réparabilité des modèles.

Le bonus écologique

Ce bonus⁹⁶ est réservé à l'**achat ou la location d'une voiture électrique ou à hydrogène**, permet une réduction allant jusqu'à 4 000 € ou 7 000 € (sur conditions de ressource) pour une voiture neuve. Les voitures électriques d'occasion ne sont plus éligibles depuis février 2024⁹⁷.

À partir de 2024, le bonus va au-delà du simple critère de l'émission de GES à l'utilisation. Un **score environnemental** prend en compte certains impacts antérieurs à l'utilisation : les matériaux utilisés, l'impact de l'usine d'assemblage, la consommation d'énergie, le type de batterie, et le transport et la logistique pour l'acheminement du véhicule.

La grande majorité des véhicules électriques produits hors Europe ne peuvent pas bénéficier de ce bonus écologique, du fait de la prise en compte des émissions liées à leur transport.

À ce jour, ce score environnemental ne prend pas en compte les questions d'économie circulaire, mais des informations sont collectées pour à terme les intégrer à la note (comme le taux de matières recyclées et biosourcées et la réparabilité de la batterie)⁹⁸.

→ La liste des véhicules éligibles est sur : score-environnemental-bonus.ademe.fr

La prime à la conversion

Cette prime⁹⁹ est cumulable avec le bonus écologique, et offre entre 500 € et 5 000 €, sur conditions de ressources. Une surprime d'entre 1 000 € et 3 000 € est réservée aux résidents/travailleurs en ZFE.

Elle est conditionnée à la **mise à la casse d'une voiture polluante** (Crit'Air 3, 4 ou 5), et à l'**achat d'une voiture** :

- **Neuve** : dans ce cas, elle doit être éligible au bonus écologique
- **D'occasion**¹⁰⁰ : dans ce cas, elle doit émettre moins de 132 gCO₂/km (104 gCO₂/km si la date de 1^{er} immatriculation est antérieure au 1^{er} mars 2020)
- **Rétrofitée** : la "prime auetrofit"¹⁰¹, variant selon que le système installé est 100 % électrique ou hybride.

→ La plateforme officielle où simuler le montant de la prime, et faire sa demande se situe sur : primealaconversion.gouv.fr

Les autres aides

- Deux autres **aides indirectes favorisent l'acquisition d'un véhicule** peu polluant pour les ménages les plus modestes : le **microcrédit "véhicules propres"** (allant jusqu'à 5 000 €), et le **prêt à taux zéro ZFE-m** (réservé aux résidents/travailleurs à proximité ou dans une ZFE¹⁰²). Ces aides sont cumulables avec le bonus et la prime à la conversion.
- Le **leasing électrique** est cumulable avec le bonus écologique. Mis en place en 2024, l'**aide à la location d'une voiture électrique** propose aux ménages modestes¹⁰³ des mensualités à environ 100 €. Cette aide, particulièrement attendue, a connu beaucoup de succès, et a été mise en pause pour l'année, à la déception de nombreux usagers¹⁰⁴. Il faudra attendre début 2025 pour en faire la demande.

Toutes ces incitations représentent ainsi les leviers d'un renouvellement accéléré des véhicules thermiques, bien qu'encore fonctionnels, mais polluants, et encouragent au passage aux véhicules électriques.



Vers une lente électrification du parc automobile

Les politiques publiques bouleversent radicalement le secteur automobile dans son ensemble, forçant les acteurs à s'adapter à de nouvelles règles du jeu. Leurs impacts peuvent être difficiles à estimer, nous vous proposons un petit aperçu des prévisions en la matière.

Les effets à prévoir des ZFE sur le parc automobile

Une obsolescence réglementaire d'un grand nombre de véhicules particuliers

L'obsolescence ainsi provoquée par les ZFE dans les années à venir pose la question de la fin de vie des voitures : mise à la casse, récupération des pièces détachées, saturation du marché de l'occasion, envoi à l'étranger ?

À noter que les ZFE sont avant tout une politique sanitaire, prenant en compte les particules plutôt que les émissions de gaz à effet de serre (GES). Aussi, les ZFE ne poussent en soi pas directement à l'électrification du parc, mais peuvent y contribuer, au moment du choix du renouvellement éventuel d'une automobile exclut des ZFE, en particulier à l'aune des autres réglementations et incitations sur le secteur.

Des critiques fortes qui pourraient amener à un report des ambitions des ZFE

Les ZFE soulèvent de nombreuses oppositions, notamment après la publication d'un rapport d'information du Sénat en juin 2023¹⁰⁵, qui propose d'assouplir les délais et de reporter certaines obligations. Ces demandes sont entre autres relayées dans les propositions du Conseil National du Commerce de juillet 2023¹⁰⁶. Dans une enquête de l'Ademe, 43 % des Français considèrent que la ZFE est "une mauvaise chose"¹⁰⁷. L'association France Urbaine souligne que ces "Zones à Faibles Émissions" risquent de devenir des "Zones à Forte Exclusion" si la **question de l'inclusion sociale** n'est pas suffisamment adressée¹⁰⁸. Si les calendriers obligatoires sont pour le moment conservés, ces critiques pourraient amener progressivement à diminuer les ambitions du dispositif, et à opérer des reports.

Par ailleurs, l'**amélioration de la qualité de l'air** dans certaines agglomérations a fait réduire les obligations légales en matière de ZFE (c'est récemment le cas de Rouen, Strasbourg et Marseille). Beaucoup de voitures thermiques restent exemptées de ce dispositif pour l'instant. Ainsi, même si les automobilistes peuvent percevoir les ZFE comme un facteur supplémentaire pour choisir une voiture électrique, le dispositif ne pousse pas, pour le moment, directement à l'électrification du parc automobile.

De plus, si la sanction s'élève théoriquement à 68 euros pour les véhicules particuliers, et 135 euros pour un poids lourd, **les contrôles sont pour le moment plutôt limités** à de la pédagogie, et le contrôle automatique n'est toujours pas mis en place¹⁰⁹. Ainsi, si la mise en place et l'approfondissement des ZFE supposent des évolutions dans le secteur automobile français, leur application et donc leur impact réel reste incertain.

Une mise en route poussive de l'électrification du parc

La disparition totale des véhicules thermiques prévues pour 2050

Étant donné l'ensemble des mesures réglementaires à venir pour diminuer les impacts de l'automobile sur la santé et l'environnement, il semblerait que la tendance politique soit d'inciter à l'électrification du parc automobile. L'interdiction de la vente de voitures thermiques neuves en 2035 donne un horizon plutôt clair en la matière.

Malgré une forte incertitude quant à la rapidité du processus d'électrification du parc français, l'Ademe anticipe une **diminution des ventes de voitures thermiques dès 2025**, et une augmentation de celles des voitures décarbonées (au moins de 20 % comparé à un scénario sans interdiction)¹¹⁰.



Pour l'Association Nationale pour la Formation Automobile (ANFA), entre 20 % et 40 % du parc sera électrique en 2036¹¹¹. A titre de comparaison, le **parc automobile de véhicules électriques et hybrides rechargeables ne représente qu'1% du parc total français en 2021**¹¹². Fin 2022, selon l'Ademe et l'Obsoco¹¹³, seuls 5 % des Français disposent d'un véhicule électrique ou hybride rechargeable, dont 1 % qui ne roule qu'à l'électrique.

Cependant, **la disparition totale des véhicules diesel et essence dans le parc français ne se ferait qu'en 2050** selon l'étude E4T 2040 de l'Ademe¹¹⁴, c'est-à-dire 15 ans après l'interdiction de leur vente sur le marché européen.

Le poids du marché de l'occasion pour renouveler les véhicules

Par ailleurs, il faut rappeler que la majorité des Français achètent leur véhicule d'occasion, et ne seront donc pas directement concernés par l'interdiction de mise sur le marché de véhicules thermiques neufs. Ainsi, cette interdiction constitue surtout un signal important pour les constructeurs automobiles, qui cherchent à se positionner sur le marché.

En effet, en 2023, plus de 74 % des 7 millions de nouvelles immatriculations étaient d'occasion¹¹⁵. Ce marché est très développé pour les voitures thermiques, mais tarde à émerger pour les voitures électriques, du fait de la nouveauté de ce secteur (une étude de l'Ademe¹¹⁶ estime qu'en 2022, **13 % des voitures électriques sont achetées d'occasion**, contre 24 % des hybrides et 64 % des thermiques).

L'achat d'une voiture d'occasion permet d'en réduire considérablement les coûts d'acquisition quelle que soit la motorisation (exemption du malus écologique, éligibilité à certaines aides, coût d'achat inférieur). C'est aussi a priori une bonne solution du point de vue environnemental, participant à augmenter la durée de vie du véhicule et amortissant donc son impact initial lié à sa fabrication. Cependant, pour fonctionner correctement, le marché de l'occasion doit pouvoir compter sur la valeur résiduelle du véhicule dans le temps, reposant notamment sur la réparabilité et la durabilité des voitures, qui semblent aujourd'hui remises en cause (voir partie II. du rapport).

Ainsi, **le poids du marché de l'occasion pour l'automobile interroge sur la capacité des Français à s'équiper prioritairement d'une voiture électrique** dans les conditions actuelles. Pour que les voitures électriques s'imposent sur le marché de l'occasion, il faut aussi pouvoir garantir leur longévité, ainsi que la densité du réseau de recharge des batteries (à l'instar du réseau de stations essences aujourd'hui), pour permettre leur attractivité.

La solution du retrofit pour transformer un véhicule thermique en électrique

Le retrofit consiste à transformer une voiture thermique (circulant depuis cinq ans minimum) en voiture électrique, en remplaçant le moteur thermique et le réservoir par un moteur électrique et une batterie. Cette pratique constitue une alternative à l'achat d'une voiture électrique. Le retrofit est particulièrement intéressant pour les déplacements à courte distance, puisque la capacité installée est généralement moins élevée que celle des voitures électriques¹¹⁷.

D'un point de vue environnemental, cette option est intéressante, prolongeant la durée de vie de la voiture d'origine et limitant donc l'impact de l'obsolescence réglementaire due aux politiques publiques d'électrification. De plus, les émissions de gaz à effet de serre et de polluants sanitaires à l'échappement après retrofit sont nulles. Selon l'Ademe¹¹⁸, un retrofit à la dixième année du véhicule supposerait une réduction des émissions de GES de :

- 66 % comparé à une voiture qui resterait au diesel,
- 47 % comparé à la mise à la casse de la voiture diesel et le rachat d'un véhicule électrique neuf.

Si le retrofit est éligible à une prime, et si le coût de l'opération est tendanciellement moins important que celui d'une voiture électrique neuve, il reste élevé, tournant en moyenne entre 15 000 € et 20 000 € (8 000 € pour une petite citadine). En l'état, selon l'Ademe, le prix n'a rien d'attractif pour un particulier, et s'il peut être amené à diminuer avec sa démocratisation, il fait face aux marchés des voitures électriques neuves et d'occasion. Les personnes interrogées nous ont précisé que ce sont principalement les coûts d'homologation que le professionnel en charge du retrofit doit payer (pour chaque modèle de véhicule) qui pèsent sur le prix final. L'obligation légale de n'utiliser que des pièces neuves n'aide pas à faire baisser ce prix.

Ainsi, si la tendance est à l'électrification du parc automobile, cela peut prendre du temps. Beaucoup de consommateurs, notamment hors des grandes agglomérations, ne sont pas encore directement concernés.

En 2023, plus de 74 % des 7 millions de nouvelles immatriculations étaient d'occasion

Conclusion I

Pour conclure, nous pouvons dire que les choix politiques actuels poussent de nombreux automobilistes à se séparer d'anciens véhicules thermiques encore fonctionnels (mais polluants) et orientent vers la progressive électrification du parc automobile français et européen, pour des raisons essentiellement sanitaires et environnementales. Les nouvelles normes européennes donnent des signaux clairs aux constructeurs dans ce sens pour

les nouvelles gammes à venir. Les ZFE, ont pour conséquence l'exclusion (mise au rebut ou revente hors ZFE) de certains véhicules dans de nombreuses agglomérations. Cette politique publique est peut-être celle qui impacte le plus les consommateurs : elle représente un risque d'exclusion de certaines populations, et suppose un changement de motorisation pour nombre d'habitants et de travailleurs en ZFE. Des bonus et des

aides de l'État viennent pallier en partie ces problématiques, poussant au renouvellement accéléré des véhicules les plus polluants. Pour HOP, il est difficile de se positionner contre ce renouvellement précoce, au regard de l'urgence en matière de santé publique et de réchauffement climatique. Il s'agit en revanche de s'intéresser à la fin de vie de ces véhicules, rendus réglementairement obsolètes. De fait, de nombreuses options s'offrent aux consommateurs pour une mobilité plus "propre" (outre les transports publics, mobilités douces ou intermédiaires quand cela est possible) : électrique, hybride, essence, gaz, biocarburant, diesel et hydrogène entre autres. Malgré l'impossibilité d'être exhaustifs, tant les critères sont nombreux pour réellement évaluer les impacts, cette première partie a cherché à donner des clefs de compréhension quant aux arbitrages individuels qui s'imposent.

Près de 75 % des automobilistes français privilégient aujourd'hui le marché de l'occasion, dominé par les voitures thermiques. Ils ne sont donc majoritairement pas encore impactés par l'électrification du marché. Malgré tout, la voiture électrique s'impose doucement mais sûrement. À l'horizon 2050, les véhicules thermiques devraient faire définitivement partie du passé. La voiture électrique présente un intérêt considérable : à l'usage, une voiture électrique a un impact environnemental et sanitaire plus limité qu'une voiture thermique équivalente.

Cependant, la production d'un véhicule électrique (et en particulier de sa batterie) a des impacts plus lourds que la production d'un véhicule thermique. De plus, le prix à l'achat est globalement plus important. Ainsi, plus la durée de vie d'un véhicule électrique est longue, plus son impact économique et écologique est amélioré. Sachant que l'âge moyen de départ à la casse des véhicules d'aujourd'hui s'élève à 19 ans¹¹⁹, pourra-t-on en dire de même sur les véhicules électriques dans 20 ans ? Peut-on miser sur la fiabilité, la durabilité et la réparabilité des nouveaux véhicules, en particulier les véhicules électriques qui ont vocation à progressivement remplacer les thermiques sur nos routes ? HOP a mené l'enquête.

Il s'agit en revanche de s'intéresser à la fin de vie de ces véhicules, rendus réglementairement obsolètes



Vers l'obsolescence accélérée des nouveaux véhicules électriques et thermiques

La durée de vie des équipements est un enjeu primordial, en particulier pour les voitures électriques dont la fabrication a un impact écologique très important. Les constructeurs sont tenus, par les politiques publiques, de s'adapter à l'électrification s'ils souhaitent continuer à vendre sur le marché européen d'ici à 10 ans. C'est donc maintenant que se dessinent et se structurent les tendances de conception et de durabilité de la filière émergente des voitures électriques. Jusqu'à présent, réparation et seconde main sont traditionnellement monnaie courante dans le secteur de l'automobile et participent de la longévité des véhicules, conçus pour durer. Nous cherchons à savoir dans quelle mesure les véhicules électriques pourront durer au moins autant de temps. Nous avons interrogé des experts et professionnels du secteur. Nous partageons ici des points de vigilance que nous avons identifiés pour la réparabilité et la durabilité des voitures d'aujourd'hui et du futur.

29

Quelle durée de vie pour les véhicules électriques ?

36

Vers l'irréparabilité des véhicules électriques et thermiques : tous à la casse ?

40

Les limites des voitures connectées pour leur durabilité

FOCUS

Le secteur automobile modèle historique d'économie circulaire

Aujourd'hui encore, une voiture part à la casse en moyenne à 19 ans¹²⁰. Il existe 300 000 véhicules immatriculés "de collection", de plus de 30 ans d'âge, qui sillonnent encore la France¹²¹. Un record de longévité par rapport aux autres objets de notre quotidien. Cela peut s'expliquer pour plusieurs raisons :

L'occasion est la norme

L'achat d'une voiture se fait en réalité très souvent d'occasion. En 2023, sur les 7 millions de nouvelles immatriculations, plus de 74 % étaient d'occasion¹²². Ces chiffres élevés du marché de l'occasion s'expliquent par le coût important des voitures neuves, mais aussi par les fortes réglementations sur le marché de l'occasion qui sécurise ce marché et objective la valeur résiduelle des équipements : accès à l'historique du véhicule (notamment via compteur kilométrique), procédure et déclaration de cession, etc. L'acheteur peut globalement avoir confiance dans la seconde main.

Un suivi administratif des véhicules

À l'achat neuf, mais aussi à chaque changement de propriétaire, une voiture doit être immatriculée. Cela signifie qu'elle a une existence administrative, qui permettra de produire des données sur le parc automobile : évolutions majeures du parc, durée de vie moyenne selon les types de véhicules, etc. Ces données sont cruciales pour mettre en place des législations ciblant les différents types de véhicules, et elles permettent d'évaluer la pertinence de politiques publiques comme celle des ZFE.

Des outils pour une maintenance prédictive

À l'utilisation, toutes les voitures sont équipées d'un compteur kilométrique. Indiquant le temps d'usage, il permet d'estimer l'intensité de l'utilisation et la durée de vie restante du véhicule. Les contrôles techniques réguliers sont par ailleurs obligatoires à partir de quatre ans de vie du véhicule, principalement pour des raisons de sécurité routière. Ils permettent d'identifier les défauts nécessitant des réparations, afin d'éviter les casses ou les accidents. Ce dispositif oblige à entretenir convenablement et de manière régulière le véhicule, étape indispensable pour le faire durer. C'est le cas de tous nos objets ou équipements du quotidien, mais l'automobile est le seul secteur où cet entretien est normalisé et réglementé. Ce système a permis le développement et l'assise du secteur de la réparation automobile.

Un modèle économique de la réparation huilée

Par ailleurs, l'acheteur doit obligatoirement souscrire à une assurance, qui lui permettra de couvrir les coûts de la réparation en cas de dégâts. Elle participe à rendre la réparabilité désirable pour les consommateurs comme pour les assureurs.

Le véhicule qui peut être réparé bénéficiera de l'expertise de tout un écosystème très construit : en 2022, on comptait 53 000 établissements d'entretien et de réparation en France, employant 110 000 salariés selon l'autofocus 105 de l'ANFA¹²³. Le consommateur a en principe la liberté de choisir son réparateur. Il n'y a par ailleurs pas de monopole officiel des constructeurs sur les pièces. À la réparation, le garagiste doit depuis 2016 proposer obligatoirement des pièces issues de l'économie circulaire (PIEC). Cette obligation par décret soutient un marché du réemploi des pièces bien développé, avec de nombreux reconditionneurs (300 remanufacturiers opèrent en France¹²⁴).

L'industrie de la fin de vie des véhicules hors d'usage

Si un véhicule est déclaré hors d'usage (VHU) après le passage d'un expert, il est dirigé vers un centre de traitement des VHU, où son existence administrative est détruite (immatriculation). Après une dépollution et une mise en sécurité, les pièces seront démontées, certaines destinées au réemploi, d'autres au recyclage ou à la revalorisation. Le reste constitue la carcasse de la voiture, et sera broyé. Puis, on séparera les matériaux, entre ceux destinés au recyclage, à la valorisation énergétique, ou à la décharge. En 2019, le taux de réutilisation et de valorisation (TRV) des VHU atteignait les 95 % selon le Comité des Constructeurs Français d'Automobile (CCFA)¹²⁵. Selon le CCFA, en moyenne 1,4 million de véhicules hors d'usage sont traités chaque année en France, un chiffre à la hausse depuis la création de la prime à la conversion.

Les filières de Responsabilité Élargie du Producteur (REP) permettent de faire peser sur les metteurs sur le marché français la responsabilité de la gestion de la fin de vie des véhicules, en les obligeant à la financer. Aux filières déjà existantes pour les batteries hors d'usage, les huiles de moteur et les pneumatiques, s'ajoute désormais la filière REP des «véhicules hors d'usage»¹²⁶.

Tous ces ingrédients composaient jusqu'alors la recette d'une longue vie en bonne santé pour la plupart des véhicules.

Quelle durée de vie pour les véhicules électriques ?

En passant d'un véhicule thermique à un électrique, on passe en somme d'un moteur complexe et un réservoir simple, à un moteur simple et une batterie très complexe. Plus qu'une comparaison binaire, nous avons surtout cherché à savoir si les voitures électriques sont fiables, réparables et quelles sont les réglementations en vigueur pour le garantir.

Les véhicules électriques sont-ils plus fiables ?

Peu d'entretien et peu de pannes pour le moteur électrique

Le véhicule électrique est plus simple sur plusieurs aspects : moins de pièces composent le moteur, pas de pièces d'usure dans celui-ci comme les courroies ou durites, pas de système d'embrayage, et des plaquettes de frein moins sollicitées grâce à la récupération de l'énergie de freinage¹²⁷.

Un tour d'horizon en Norvège, le pays dont le parc est le plus électrifié au monde, nous permet de voir que **les coûts de maintenance pendant les sept premières années de la vie de la voiture sont inférieurs en moyenne de 39 %** pour les véhicules électriques comparés aux thermiques¹²⁸. Une étude du dépanneur allemand ADAC souligne également que les pannes sont moins fréquentes chez les voitures électriques¹²⁹.

Notons que si les réparations pourraient être moins fréquentes (que pour des véhicules thermiques), leur prix paraît tendanciellement plus élevé : selon une étude de la SRA (Sécurité et Réparation Automobile), la réparation et les pièces détachées des véhicules électriques et hybrides coûterait pour le moment plus cher que pour les véhicules thermiques¹³⁰.

Dans ce contexte, on peut s'interroger sur le modèle économique des garagistes implantés sur le territoire français, voire des assurances automobiles. On peut aussi se poser la question de la pertinence de s'intéresser à la réparabilité si les véhicules sont réellement plus fiables ?

La durée de vie incertaine des batteries, pièce maîtresse

Les estimations de durée de vie des batteries

Le cœur du véhicule électrique étant sa batterie, il convient de s'attarder sur la longévité de cette dernière pour connaître l'espérance de vie de ce véhicule. Carbone4 estime que la durée de vie de la batterie lithium-ion se situe entre 1000 et 1500 cycles. Ce qui équivaut, pour une moyenne de 15 000 km par an, à **une durée de vie théorique-ment estimée "comprise entre 15 et 20 ans"**¹³¹.

Certains experts interrogés nous ont cité l'exemple de la ZOE, sortie en 2012, illustrant le fait que les annonces de Renault à l'époque de sa sortie sous-estimaient sa durée de vie réelle. En effet, Louis-Pierre Geffray, Coordinateur de programmes de l'Institut Mobilités en Transition, déclare : "concernant les Renault ZOE 22 kWh, celles-ci afficheraient une valeur moyenne de 80 % de leur capacité initiale après 10 ans d'utilisation". En ce qui concerne la marque Tesla, elle annoncerait une perte moyenne de 10 % de la capacité initiale de la batterie après 321 800 km¹³².

Cependant, sur le volet normatif, **les durées de vie minimales des batteries sont bien moins ambitieuses**. La norme Euro 7 (encore en cours d'adoption au moment où nous rédigeons ce rapport) pourrait contenir des exigences minimales de performance pour la durabilité des batteries dans les voitures électriques et hybrides, qui prévoit la mise en place d'exigences minimales de durabilité des batteries. Celles-ci devront avoir maintenu :

- au moins 80 % de leurs capacités après **5 ans ou 100 000 km**
- au moins 72 % de leurs capacités après **8 ans ou 160 000 km**¹³³

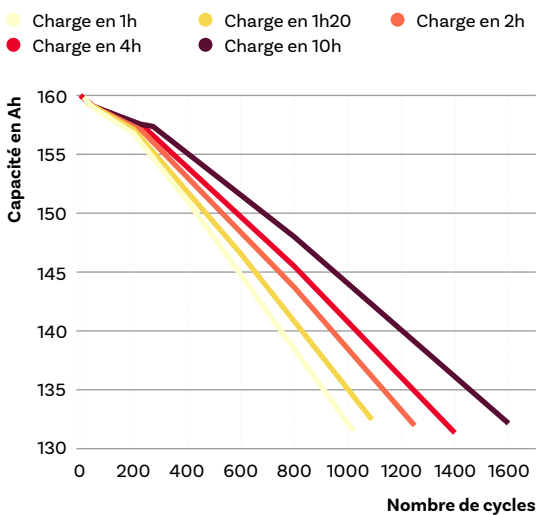
La durée de vie théorique à l'épreuve de l'usage

La majorité des professionnels interrogés nous ont fait part de leur incertitude quant à la durée de vie des batteries et n'ont pas souhaité se prononcer sur un nombre d'années. Un expert en batteries qui a souhaité rester anonyme nous explique que celle-ci dépend de très nombreux facteurs, dont les principaux sont : la température, la fréquence et la puissance de chargement, et l'immobilisation du véhicule notamment.

Selon l'expert auditionné, **la charge rapide serait catastrophique pour la durée de vie des batteries, celle de votre téléphone comme celle de votre voiture.** Il semble par ailleurs difficile d'avoir une estimation en temps réel du reste de la durée de vie d'une batterie à un instant T de son utilisation, du fait du manque de données disponibles.

Cela dit, certaines bonnes pratiques peuvent permettre aux automobilistes de conserver leur batterie en meilleure santé le plus longtemps possible. Selon lui, prioriser la charge plus lente est primordiale. "La durée de vie de la batterie est comme un bloc auquel on enlève des fragments à chaque recharge. Et plus la recharge se fait rapidement, plus le fragment perdu est important", nous déclare-t-il.

Analyse de la sensibilité des batteries à la puissance de charge (capacité exprimée en Ah et sensibilité en nombre de cycles)¹³⁴ :



Sur ce graphique, extrait d'une étude dans le Journal of Energy Storage¹³⁵, on observe la chute de capacité d'une batterie au cours des cycles en fonction de la vitesse de charge. On constate que plus la batterie est rechargée rapidement, moins elle est en mesure de faire un nombre important de cycles. Ce qui illustre l'effet néfaste des charges rapides sur la durée de vie des batteries. L'impact de ce type de charge est également confirmé par Carbone4¹³⁶. Par contre, une étude permet de nuancer cette affirmation : l'impact des recharges rapides sur la durée de vie des batteries des voitures élec-

triques Tesla serait plus faible que sur d'autres modèles qui y sont plus sensibles¹³⁷. Des données qu'il serait nécessaire d'analyser dans le détail.

Ainsi, pour tenir la promesse d'un **usage aussi autonome et performant** qu'un véhicule thermique, la course à la **charge rapide se développe, mais porterait atteinte à la durabilité des batteries** (par exemple les bornes de recharge dans l'espace public, sur les parkings de supermarché, ou dans les aires de services d'autoroute pour les longs trajets...). Un responsable de PFA (Filière Automobile et Mobilités) nous signale la nécessité de développer en parallèle les recharges lentes, à domicile et au travail, qui permettent d'éviter au maximum les recours aux charges rapides, utiles principalement pour les besoins en itinérance.

Des possibles dysfonctionnements des batteries

Malgré les données exposées précédemment démontrant la fiabilité des moteurs électriques, d'autres constats nuancent néanmoins l'absence d'entretien en ce qui concerne la batterie. Les batteries des véhicules électriques et surtout leurs composants électroniques associés, comme les systèmes de gestion et de contrôle de puissance, doivent être entretenus, voire réparés ou échangés¹³⁸.

Les techniciens du garage Revolte nous ont précisé les types de pannes les plus fréquentes en ce qui concerne les batteries électriques :

- **les pannes électroniques** : elles peuvent se produire de manière aléatoire comme dans n'importe quel appareil électronique. Dans le cas des batteries, ce sont les calculateurs de batteries, communément appelés des BMS pour "battery management system" qui peuvent être défaillants. Dans ces cas précis, il faudra avoir accès à ces cartes qui peuvent se trouver à différents endroits de la batterie.
- **les pannes de connectique** : elles peuvent se produire de manière aléatoire également. La réparation suppose parfois de changer la pièce défaillante.
- **les pannes chimiques** : dues au vieillissement naturel des cellules de la batterie ou plus rarement lorsqu'un défaut survient. Dans ce cas, il faudra changer le module qui contient la cellule défaillante.

Pour pouvoir remédier à ces pannes, il faut pouvoir enlever la batterie du reste du véhicule et lui retirer son couvercle. En ce qui concerne la dernière panne (chimique), il sera en plus nécessaire d'avoir accès aux différents modules pour pouvoir remplacer celui ou ceux qui sont défaillants.

Malgré leur fiabilité intéressante et le besoin moindre d'entretien des véhicules électriques, **une défaillance technique des composants de la batterie n'est jamais exclue.** À cela s'ajoutent les risques d'accidents ou de chocs. Étant donné le

prix et le rôle de la batterie pour un véhicule électrique, ces risques et incertitudes sur ces technologies récentes nous amènent à nous demander si les batteries sont réparables pour maximiser leur durée de vie.

Les professionnels du garage Revolte nous ont précisé ne pas avoir dû “réparer pour le moment de batteries des premières ZOE de 22 kWh, alors que les techniciens ont déjà dû intervenir à plusieurs reprises pour réparer les batteries des modèles de 40 kWh commercialisées 4 ans plus tard en 2016”. Cette constatation pourrait laisser entendre une différence de fiabilité entre les deux modèles dont la raison est à ce jour inconnue puisque “la technologie est restée la même”. Ils précisent que “le bond en avant en termes de densité de cellules en quelques années pourrait être une piste”.

Des batteries réparables : utopie ou réalité ?

Malgré la fiabilité promise de la batterie, celle-ci peut néanmoins être sujette à des failles, et elle a en tout cas une durée de vie limitée. Faut-il jeter une voiture une fois sa batterie arrivée en bout de course ? Peut-on réparer ou remplacer une batterie pour garder le même véhicule ?

Qu'est-ce qu'une batterie réparable ?

Quand on dit d'une batterie qu'elle est réparable, cela signifie notamment qu'on peut ouvrir le couvercle de celle-ci et/ou remplacer les modules qui se trouvent à l'intérieur (qui eux contiennent des cellules) sans jeter la batterie dans son ensemble.

FOCUS

Comment fonctionne une batterie ?

La technologie des batteries de démarrage utilisées dans les voitures thermiques est bien différente de celle des voitures électriques. Dans le premier cas, la principale qualité recherchée est la capacité à fournir une puissance pendant un temps court pour faire démarrer le moteur thermique. Alors que dans le cas qui nous intéresse, les batteries doivent être puissantes sur toute la durée du trajet.

Une batterie de voiture électrique, aussi appelée “pack”, est constituée de plusieurs modules, eux-mêmes constitués de plusieurs cellules. Au sein de chaque cellule, on retrouve des électrodes très complexes, constituées de nombreux métaux, chacun ayant un impact sur son autonomie, sa sécurité, etc. Au-delà, la batterie est associée à de l'électronique de contrôle et de puissance, à un système de refroidissement, et un système de maintien mécanique.

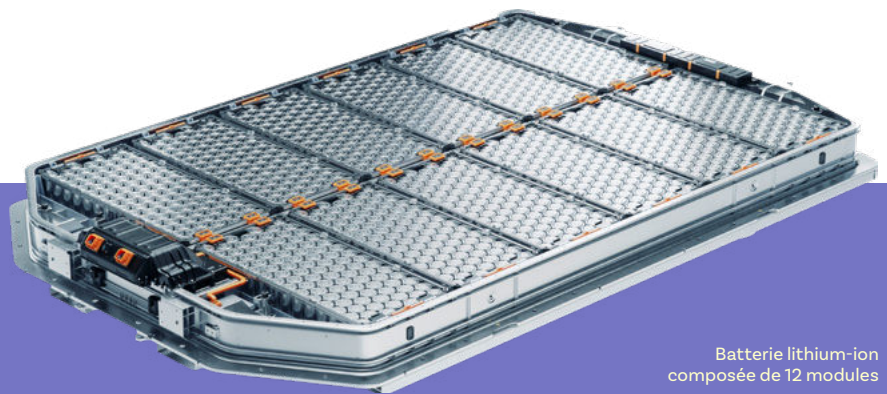
Cette photo illustre une batterie de 12 modules¹³⁹. On y voit le pack, ôté de son couvercle, les 12 modules ainsi que les cellules qui les composent.

Ces modules sont généralement au nombre de 4 à 12 et présentés parfois sur deux niveaux. Mais il existe de nombreuses configurations possibles, nous précise un technicien du garage Revolte.

La batterie la plus courante dans le secteur automobile est la “lithium-ion NMC”. Cela signifie que c'est un ion de lithium qui est échangé entre les électrodes positive et négative, dans un sens lors de la charge et dans l'autre lors de la décharge. L'électrode positive, la cathode, est composée d'un alliage de nickel, de manganèse et de cobalt (d'où elle tient son surnom “NMC”). Chaque métal a des propriétés spécifiques, et est aussi plus ou moins cher. Aujourd'hui, la tendance est à la réduction de la part de cobalt et de nickel dans la composition.

Parallèlement, s'est développée la technologie du “LFP”, dont la matière active à la cathode est composée de phosphate de fer lithié. Sans cobalt, cette technologie est moins chère mais offre en contrepartie une autonomie légèrement rabaissée selon un expert en batteries interrogé. Mais selon Louis-Pierre Geffray, Coordinateur de programmes de l'Institut Mobilités en Transition, “cette chimie de batterie présente, par sa composition, une durée de vie accrue par rapport à la technologie NMC”.

De manière générale, le manque de recul du secteur ne nous a pas permis de mettre en évidence un nombre d'années de durée de vie théorique des batteries. Globalement, ce qu'il faut retenir c'est que ces technologies évoluent relativement rapidement. “À cela s'ajoutent des enjeux de propriétés intellectuelles, certaines entreprises non européennes ont par le passé disposé de brevets en faveur de certaines chimies de batterie”, comme nous l'a aussi précisé Louis-Pierre Geffray.



Batterie lithium-ion composée de 12 modules

Actuellement, les experts et constructeurs interrogés nous ont indiqué que **l'intérieur des cellules n'est globalement pas réparable lorsqu'il est défectueux**, notamment en raison de leurs "contraintes d'assemblage". Cela demanderait des moyens beaucoup trop importants, et un temps considérable pour le chimiste qui s'en chargerait. Par exemple, certains composants des électrodes réagissent à l'oxygène : il faudrait donc effectuer la réparation sous atmosphère inerte. Pour faire simple : **réparer au niveau des modules est probablement le mieux qu'on puisse faire !**

Les experts de BMW interrogés, ainsi que d'autres constructeurs interrogés, signalent qu'ils priorisent la réparation au module, indiquant qu'il est relativement rare de devoir changer une cellule individuellement. Pour cela, il faut pouvoir accéder à tous les modules.

La réparation des batteries automobiles ne peut pas se faire dans n'importe quel garage, elle nécessite l'habilitation des techniciens à l'intervention sur des éléments à haute tension. Un nouveau métier se développe, celui d'électrotechnicien.

Réparer au niveau des modules est probablement le mieux qu'on puisse faire !

Poussés en avant par les choix politiques français et européens favorables à l'électrification du parc, **les constructeurs automobiles investissent de plus en plus dans le développement de la réparation de voitures électriques** : Volkswagen, Stellantis et Porsche ont ainsi créé des "cliniques" en France, c'est-à-dire des centres de traitement des batteries, où sont acheminés les véhicules électriques nécessitant une réparation sur batterie¹⁴⁰. Renault développe à l'usine de Flins de nombreuses activités innovantes, sous la bannière "Refactory" : entre autres, diagnostic, réparation et reconditionnement des batteries¹⁴¹. Selon le baromètre de l'ANFA (Association Nationale pour la Formation Automobile), si les formations se multiplient, les capacités du secteur de la réparation indépendante ne sont pas encore totalement adaptées à une motorisation qui reste minoritaire dans leurs ateliers (moins de la moitié d'entre eux affirment prendre en charge les voitures électriques, contre 87 % des ateliers de réparation des distributeurs)¹⁴². De belles initiatives qui laisseraient penser qu'une batterie peut être réparée dans la plupart des cas.



Mousse rose empêchant l'accès aux modules.
Source : Extrait de la vidéo «4680 Battery Pack: What We Found Under the Foam !»,
Chaîne YouTube Munro Live + numéro 145

Les pratiques d'irréparabilité : le risque de batteries jetables

Seulement voilà... Certains experts interrogés ont déclaré que des constructeurs optaient pour des techniques qui rendent compliquée l'ouverture des couvercles des batteries ou bien impossible l'accès aux modules pour les changer.

Les techniciens du garage Revolte nous ont alertés sur plusieurs pratiques inquiétantes :

- celles qui **scellent les couvercles** avec du silicone : il faudra donc utiliser des lames pour le découper, ce qui rendra l'ouverture fastidieuse. Ces pratiques ne rendent pas nécessairement les réparations des pannes électroniques ou de connectiques impossibles, mais compliquent considérablement les manipulations des techniciens. Mais surtout, si certains couvercles peuvent être réutilisés après l'ouverture, d'autres seront endommagés et devront être reconstruits pour que la batterie puisse continuer à être utilisée.
- celles qui consistent à appliquer une sorte de **résine ou mousse** (appelée "thermal interface material") entre le boîtier et les modules, ce qui rend quasi impossible de retirer le module. Il faudrait réussir à arracher les modules puis les nettoyer de tous les résidus.



Ces pratiques ont pour conséquence d'empêcher ou de compliquer drastiquement le remplacement de modules de la batterie.

Ces pratiques imposent donc des manipulations supplémentaires pour les techniciens, voire parfois l'impossibilité de réparer. À ce titre, Mobivia a d'ailleurs indiqué au journal de l'auto que ces pratiques conduisent "vers quelque chose qui ressemble de plus en plus à **des batteries jetables**".¹⁴³

Tesla s'avère être l'un des mauvais élèves, en injectant 29 kg de mousse collante rose dans ses batteries jusqu'à fin 2022, remplacée en 2023 par 4 kg de mousse blanche¹⁴⁴.

Les répercussions sont sans appel pour l'environnement et le consommateur en cas de panne de la batterie ou bien d'un choc. C'est la loterie pour l'automobiliste lors de l'achat puisqu'il n'a pas de moyens de savoir facilement quel modèle dispose d'une batterie réparable ou non, alors que **celle-ci coûte entre 30 et 40 % de la valeur du véhicule**¹⁴⁶. Selon le centre de recherche CarStudio, seule la moitié des constructeurs proposent des batteries réparables¹⁴⁷. Selon les experts interrogés, ces pratiques se retrouvent dans des **modèles des marques Tesla, BYD et MG**, mais se propagent dans de plus en plus de modèles et marques.

On comprend mieux la décision du loueur Hertz de se séparer d'un bon nombre de ses Tesla en janvier 2024, en partie motivée par le prix élevé des réparations¹⁴⁸.

Les industriels, eux, se justifient par le dur **compromis entre réparabilité de la batterie et réduction du coût de production**. En effet, permettant des économies d'assemblages, le coût de fabrication s'en voit diminué : la Sea de BYD coûterait donc 10 % de moins à produire que la Megane E-Tech plus réparable¹⁴⁹. Et ce différentiel pourrait inciter certains constructeurs européens à faire de même... Atteignant des prix imbattables, ces voitures électriques dont les batteries sont irréparables s'imposent sur le marché européen¹⁵⁰ : la MG4, la Tesla (Model 3 et la Model Y) monopolisent les 3 premières places des immatriculations de voitures électriques en 2023 en France¹⁵¹.

Si le prix d'achat peut être réduit, ce n'est pas sans risque de mauvaise surprise à l'usage après la vente. Changer toute la batterie en cas de défaillance coûterait environ 10 fois plus cher que de remplacer juste un module¹⁵².

Un autre argument en faveur de ces pratiques, qui ressort de nos entretiens, serait la **meilleure fiabilité des batteries qui disposent de cette résine ou mousse**, permettant par exemple l'amélioration du circuit de refroidissement, la stabilisation des éléments, etc. Un véhicule étant un équipement qui subit des vibrations et mouvements constants, cela ne semble pas si surprenant.

Pour les experts du secteur, il **est possible de produire des batteries fiables et réparables**. Louis-Pierre Geffray, Coordinateur de programmes de l'Institut Mobilités en Transition, nous confirme que les premières voitures électriques mises sur le marché, comme la Renault ZOE, la Peugeot iOn, la BMW i3 ou encore la Volkswagen e-Up, disposent de batteries réparables. **Leurs couvercles seraient vissés et non collés, et les modules seraient accessibles, ce qui pourrait permettre de changer un module lorsque c'est nécessaire**. D'ailleurs, en plus d'assurer cette réparabilité, nous avons exposé plus haut que la première Renault ZOE s'illustre d'ailleurs par une très bonne capacité d'autonomie même après 10 ans d'usage.

Peut-on remplacer une batterie en fin de vie ?

La voiture électrique dont la batterie arrive à la fin de sa durée de vie (lorsque les capacités ou l'autonomie de la batterie ne répond plus aux besoins de l'utilisateur) devrait pouvoir continuer à rouler. Peu d'automobilistes sont pour le moment confrontés à cette situation, étant donné que le parc des voitures électriques est très récent. Si les batteries sont difficilement réparables, peuvent-elles au moins être remplacées pour continuer à utiliser le même véhicule plutôt que le renouveler ?

Quelle fin de vie pour les batteries hors d'usage ?

Lorsque la batterie d'une voiture électrique ne répond plus aux besoins de l'utilisateur (ses capacités ou son autonomie ne sont plus au niveau des attentes), elle ne peut plus être utilisée dans une voiture électrique. Cependant, elle peut encore être destinée à des usages moins exigeants, par exemple en "stockage stationnaire". À l'usine de Flins, Renault les transforme en systèmes de stockages mobiles (alternative aux groupes électrogène) et opère également un système stationnaire à base de batteries de Renault ZOE. L'entreprise BMW les utilise comme moyen de stockage d'énergie dans leurs quelques usines fonctionnant à l'éolien. Il semble que ce réemploi soit positif d'un point de vue Analyse du Cycle de Vie (ACV), permettant de tirer parti jusqu'au bout de leurs composants avant de devoir passer au recyclage. Cependant, pour être économiquement viable, il faut que les batteries n'aient pas besoin d'être trop modifiées, pour que leur prix reste compétitif face à celui d'une batterie stationnaire neuve.

Carbone4 précise dans un article¹⁵³ que les batteries lithium-ion sont recyclables actuellement à hauteur de 50 % de leur masse. Cependant, selon la même source, on constate que seulement 5 % de ces batteries sont réellement recyclées. Du point de vue des experts que nous avons interrogés, il semblerait que le cobalt des batteries soit le minéral le plus intéressant économiquement à récupérer. L'incertitude règne pour l'instant pour les nouvelles batteries LFP, dont l'intérêt de recyclage n'est donc pas assuré du fait de l'absence du cobalt. Louis-Pierre Geffray, Coordinateur de programmes de l'Institut Mobilités en Transition (IDDRI) explique que "la faible 'valeur matière' des batteries LFP n'est pas à l'avantage de leur valorisation économique en fin de vie au recyclage...".

Au niveau européen, les objectifs déclarés dans le règlement batteries semblent aller en faveur d'une plus grande recyclabilité¹⁵⁴. Cependant, selon l'Ademe, les besoins en minerais à prévoir pour la mobilité électrique ne sauraient être comblés par le recyclage¹⁵⁵. Cette solution ne se suffira donc pas à elle-même.

HOP alerte sur la nécessité d'appliquer la hiérarchie des traitements instaurée par l'Ademe : c'est-à-dire d'abord prioriser la réparation, le réemploi, la réutilisation, puis le recyclage en dernier recours.

Remplacement par le modèle original de la batterie

La batterie d'un véhicule est considérée comme une pièce détachée. Malgré l'affirmation soutenue par plusieurs professionnels interrogés selon laquelle les constructeurs sont soumis à une obligation de mise à disposition des pièces pendant plusieurs années - a priori 10 ans- (sans pouvoir citer de source légale), nos investigations ne nous ont pas permis de trouver de texte officiel pouvant le prouver. Il n'y a pas à notre connaissance de disposition juridique qui régit la mise à disposition de ces pièces pour les véhicules. Un constat plutôt inquiétant pour la réparabilité des véhicules, et notamment dans le cas d'un besoin de renouvellement d'une batterie qui arrive en fin de vie si celle-ci ne peut pas être réparée. Malgré les usages de la profession, si rien n'assure officiellement le consommateur de pouvoir changer la batterie défaillante pendant une durée donnée, celui-ci pourrait se voir contraint de remplacer le véhicule entier.

D'autant que, d'après les experts interrogés, à chaque modèle de voiture sa batterie : il n'y a pour le moment pas de réelle standardisation de cette pièce (surtout au vu de la diversité des technologies). Par ailleurs, on nous a signalé que les exemplaires d'un modèle défini de batteries étaient généralement tous produits dans une période restreinte (une fois finie cette production, l'équipementier réassigne sa chaîne de production à un autre modèle de batteries). Ainsi, le stock disponible de batteries pour un modèle en particulier de voiture électrique est défini dès le moment de sa production. Les constructeurs ne semblent généralement pas être en mesure de produire de nouveaux exemplaires passé cette période.

Quelques marques comme Tesla ou Renault proposent des batteries reconditionnées, mais cela semble rester marginal. Ces pièces étant de plus très peu disponibles, leurs délais de réception atteignant parfois plusieurs mois, et à des coûts prohibitifs.

Si rien n'assure officiellement le consommateur de pouvoir changer la batterie défaillante (...), celui-ci pourrait se voir contraint de remplacer le véhicule entier

Remplacement par un autre modèle de batterie

Lorsque le modèle d'origine de la batterie n'est plus disponible et pour éviter de devoir se séparer de la voiture entière à la fin de vie de la batterie, l'"upgrade" semble être une solution intéressante. Cette pratique consiste à remplacer un ou plusieurs éléments du véhicule (batterie et moteur principalement) pour lui permettre de retrouver au moins ses performances d'origine, et parfois même meilleures (par exemple une batterie qui disposerait d'une meilleure autonomie).

Puisque cette pratique n'est pas proposée par les constructeurs eux-mêmes (excepté Renault qui a proposé aux propriétaires de la ZOE I un upgrade avec la nouvelle batterie de la ZOE II qui dispose de

plus d'autonomie, mais qui a ensuite arrêté cette activité alors que la demande était forte), le garage Revolte s'est saisi de la question aux côtés de plusieurs associations de possesseurs de voitures électriques réunies sous la bannière de la FFAUVE. Non sans difficultés. Conservant globalement les mêmes caractéristiques, ces interventions ne semblent pas se confronter à des obstacles techniques. Mais pour assurer la sécurité des usagers, la réalisation de ces opérations est encadrée : les packs batteries doivent être certifiés et le processus doit être homologué auprès de l'UTAC. Les techniciens du garage nous expliquent que cette procédure est freinée par un refus des constructeurs, qui disposent pour

le moment d'un droit de regard sur les upgrades concernant leurs véhicules.

Sans réglementations plus favorables, les constructeurs pourraient être tentés de brider l'amélioration continue de leur véhicule et de leur batterie dans le temps afin de pousser au remplacement pour un véhicule neuf.

Le vide juridique concernant les batteries

Le règlement européen relatif aux batteries du 12 juillet 2023¹⁵⁶ aurait été une excellente occasion de réguler au moins la réparabilité des batteries des véhicules électriques. En effet, celui-ci a permis de fixer des exigences en matière d'amovibilité et remplacement des batteries de tous les équipements disposant d'une batterie portable (dont les smartphones, ce qui représente une avancée importante pour ce secteur), incluant les moyens de transports

légers. Malheureusement, les véhicules électriques et hybrides ont été exclus du périmètre de cette disposition.

De ce fait, il n'existe pour l'instant pas de réglementations visant à garantir la réparabilité et le remplacement des batteries.

Un projet de règlement intitulé "Circularité des véhicules"¹⁵⁷ a néanmoins été proposé par la Commission européenne en été 2023 et fait miroiter un nouvel espoir de voir émerger des exigences ambitieuses en matière de réparabilité des véhicules. La proposition, encore insuffisante dans sa rédaction actuelle, pourrait se voir améliorée par les amendements du Parlement et du Conseil européens. En effet, en plus d'imposer la création d'un passeport digital pour les véhicules, la proposition dispose à ce stade seulement que chaque véhicule devra être conçu de manière à **permettre le retrait et le remplacement des batteries et moteurs des véhicules électriques et hybrides**. Un premier point positif, mais dont on ne peut pas se satisfaire. En effet, ce texte n'impose pour l'instant aucune obligation en matière d'éco-conception de la batterie qui permettrait d'assurer sa réparabilité au niveau du module. L'amovibilité de la batterie ne paraît pas une exigence suffisante à elle seule.

Quant au règlement ESPR (Règlement relatif à l'écoconception pour des produits durables), les batteries de véhicules en sont exemptées au motif qu'elles disposent de leurs propres réglementations.

Certaines dispositions traitent en revanche de la durabilité minimum de la batterie : c'est le cas du règlement batterie cité ci-dessus qui exige d'ici août 2024 que **l'état de santé de la batterie électrique soit accessible**. C'est le cas également de la norme Euro 7 mentionnée plus haut, qui prévoit la mise en place d'exigences minimales de durabilité des batteries¹⁵⁸.

Les lacunes réglementaires en la matière créent une situation insatisfaisante selon HOP.

Pour conclure, bien que les véhicules électriques aient la réputation d'être fiables et de demander moins d'entretien que des voitures thermiques, leur durée de vie pourrait bien être fortement impactée par la batterie, pièce maîtresse de ces automobiles. **Aujourd'hui, il existe une grande incertitude et peu de garanties au sujet de sa longévité. En cas de défaillance, elle semble en l'état peu réparable et la possibilité de remplacement n'est pas assurée dans le temps.** Dans la course à la réduction des coûts de production, c'est la réparabilité qui est perdante. Or, même si la batterie pouvait théoriquement durer 20 ans, les pannes électroniques, connectiques ou bien chimiques ne sont pas à exclure. Dans ces conditions, avoir accès à la batterie est souhaitable, pour éviter un phénomène de "voiture jetable". Outre le problème majeur de la batterie, d'autres pratiques nous inquiètent.

Il n'existe pour l'instant pas de réglementations visant à garantir la réparabilité et le remplacement des batteries

Vers l'irréparabilité des véhicules électriques et thermiques : tous à la casse ?

La possibilité de réparer certaines parties d'un véhicule en cas d'accidents est dorénavant remise en question par l'arrivée d'une nouvelle pratique : le giga-gasting.

Le giga-casting : vers des pièces indémontables

Le giga-quoi... ?

Le giga-casting est une pratique inquiétante qui consiste à produire d'un seul bloc de grandes parties de la voiture via une machine de moulage dénommée "giga-presse". Ces énormes machines, produites initialement par le fabricant italien Idrac Group, permettraient de mouler deux ou trois très grandes pièces pour remplacer un assemblage de 70 éléments¹⁵⁹. Ainsi, le châssis ou des parties de carrosserie sont moulés d'un seul même bloc, rendant impossible tout désassemblage. **Au moindre choc, il faudra remplacer une partie si importante de la voiture qu'il sera probablement plus rentable de la mettre à la casse.**

Par exemple, pour le Model Y, la marque Tesla a remplacé la partie arrière, initialement constituée de 70 pièces pour le Model 3, par deux pièces de métal seulement¹⁶⁰.

La pratique intermédiaire est celle du méga-casting. Elle remplace plusieurs pièces en une, mais de taille moins importante que le giga-casting. Les usines de méga-casting se développent également, notamment dans le cas de Volvo qui annonce investir dans une usine en Suède¹⁶².

La grande majorité des experts interrogés nous le signalent : pour les constructeurs pratiquant le giga-casting, **les économies sont considérables à l'assemblage des voitures, de l'ordre de plusieurs milliers d'euros par voiture**. Moins on assemble de pièces entre elles, moins on a besoin de longueur de chaîne de production, d'opérateurs, de machines, etc. La réduction induite sur le coût de production de l'arrière de la Tesla Model Y serait estimée à - 40%¹⁶³. Aussi, cette pratique permet au véhicule d'être plus léger¹⁶⁴. Ce qui fait de ce modèle haut de gamme le plus léger et accessible du marché...

Notons que les giga-presses coûtent particulièrement cher (de 6 à 20 millions d'euros selon la taille¹⁶⁵), ce qui peut empêcher les constructeurs d'en acheter pour remplacer des machines existantes. **Le giga-casting est donc réservé aux nouvelles usines, c'est pourquoi il s'est pour le moment répandu dans la production des voitures électriques**. Par ailleurs, le coût à l'usage d'une giga-presse est gonflé par la nécessité de changer certains éléments coûtant parfois un million d'euros après environ 50 000 à 70 000 fontes¹⁶⁶. C'est pour ces raisons que certains constructeurs



Gigacasting Tesla Y - Munro Live



Gigacasting Tesla Y - Munro Live¹⁶¹

réservent ces pratiques pour les modèles de luxe : Toyota la réserve à sa gamme premium Lexus, GM à la production de sa Cadillac "Celestiq".

Particulièrement constatées sur certains nouveaux modèles électriques, ces pratiques pourraient néanmoins voir le jour également pour des véhicules thermiques. **Ce mode de production d'abord adopté par Tesla a déjà gagné d'autres marques** : en tête, BYD et MG, mais aussi Hyundai, etc. Le giga-casting confère donc un avantage concurrentiel considérable pour les constructeurs l'ayant adopté. **Sans un cadre réglementaire clair et contraignant, les autres constructeurs devront rapidement choisir entre suivre cette tendance ou perdre en compétitivité sur le marché de l'électrique.** À titre d'exemple, Toyota, Mercedes, GM ou encore Volvo annoncent prendre cette direction¹⁶⁷ ! Renault a récemment communiqué sur un "concept car" d'une nouvelle Twingo électrique pour 2026, ayant recours au giga-casting pour réduire à moins de 10 h le temps d'assemblage et proposer un prix de seulement 20 000 €¹⁶⁸. **Certains constructeurs auditionnés ont évoqué la recherche de "compromis sur la réparabilité" pour rendre l'acquisition des véhicules plus économique. Si ces méthodes permettent d'offrir aux automobilistes un prix de vente attractif, celui-ci cache en réalité des coûts post-achat possiblement exorbitants.**

Cela pourrait représenter des coûts exorbitants de réparation dès le premier choc

À ce rythme, espérons que les véhicules du futur permettront de ne plus avoir aucun accident (ce qui paraît peu probable), au risque d'une facture très salée pour réparer... ou pour renouveler le véhicule.

Même si cette pratique est pour l'instant encore limitée à un nombre de véhicules restreints, l'usage de ce mode de production est une **très mauvaise nouvelle pour la réparabilité des voitures et les barrières européennes semblent inexistantes.**

Le risque préoccupant de gigas-gâchis

Pour les assureurs (voire les automobilistes), cela pourrait représenter des coûts exorbitants de réparation dès le premier choc sur la voiture : en cas d'accident important, la giga-pièce devra probablement être remplacée si elle est touchée, alors même qu'elle représente une part énorme du coût de la voiture. Un des experts interrogés nous donne un exemple : "un choc latéral avant sur la carrosserie, qui demanderait normalement un remplacement de l'aile avant, devient bien plus coûteux si cette pièce fait partie d'un tout allant du pare-choc avant au pare-choc arrière, en passant par toute la partie toit d'habitacle." Mais même si cette technologie venait à être bien intégrée par les réparateurs qui auront su s'adapter (en coupant puis ressoudant la pièce par exemple)

- possibilité soulevée par plusieurs professionnels interrogés - quid des coûts de main d'œuvre ? L'incertitude règne en effet quant aux surcoûts que cela pourrait engendrer.¹⁶⁹

Les assureurs commencent d'ailleurs à faire valoir la difficulté d'assumer ces prix de réparation bien supérieurs qu'auparavant. Un assureur parle même "d'irréparabilité programmée des nouveaux véhicules électriques" en raison des pratiques de giga-casting. Au Royaume-Uni, certains assureurs ont même d'ors et déjà commencé à augmenter les primes d'assurance face à ces pratiques d'irréparabilité¹⁷⁰. Une conséquence assez logique pour leur équilibre économique. Le bilan s'annonce donc lourd pour le consommateur en plus des problématiques de réparabilité des batteries électriques.

L'accès restreint aux pièces détachées

Des marques à contre-sens du SAV : le "zéro service"

Selon Louis-Pierre Geffray, Coordinateur de programmes de l'Institut Mobilités en Transition: "le marché de l'après-vente automobile est historiquement lié au modèle économique des constructeurs. Il est connu du secteur que c'est bien cette activité (plus que la vente d'automobiles) qui génère des taux de marge importants. Bouleversé par l'arrivée de voitures électriques qui nécessitent une occurrence de maintenance bien plus faible, c'est aussi un certain business modèle à réinventer. Des solutions existent. Par ses caractéristiques intrinsèques, le véhicule électrique laisse entrevoir une véritable économie circulaire, c'est bien celle-ci qu'il convient de faire émerger."

Cependant, HOP s'inquiète quant au risque de réduire le choix des réparateurs (indépendants ou agréés par les constructeurs) pour les consommateurs. C'est d'autant plus grave quand certains constructeurs délaissent complètement cette activité, non sans conséquence pour les consommateurs en cas de dysfonctionnements.

Elon Musk annonce la couleur : "**le meilleur service est le zéro service**". Il annonce, en effet, que le nouvel objectif de Tesla est de supprimer toute nécessité de réparation et de maintenance de leurs voitures¹⁷¹. Une belle promesse de fiabilité, mais qui pose problème en cas de pannes ou d'entretien hors garantie¹⁷². Or, les risques de pannes ne sont pas à exclure.

Les professionnels nous le confirment : **BYD, MG et Tesla n'ont pas développé de véritable service après-vente effectif pour la réparation.** Les membres interrogés de la FEDA nous mentionnent que le délai d'attente s'élève à plusieurs mois pour l'obtention d'une pièce de ces marques. D'autres acteurs interrogés souhaitant rester anonymes confirment que ces constructeurs paraissent avoir adopté



une triste stratégie : réseau après-vente très limité, manque de garages agréés par la marque, agrément faisant autorité pour recevoir des pièces d'origine. Ce nouveau modèle octroie un avantage économique considérable à ces constructeurs, qui n'ont pas à assurer les frais d'un réseau de réparateurs par exemple ; mais il a un vrai impact sur la réparabilité des véhicules et génère des conséquences très lourdes pour le consommateur qui dispose d'options limitées pour ses réparations.

Des pièces indisponibles

La disponibilité des pièces détachées à un délai et un coût acceptables est primordiale pour garantir la réparabilité des véhicules électriques et thermiques. En parallèle des constructeurs qui font des économies sur le secteur, nos discussions avec les acteurs du secteur nous ont permis d'identifier les failles du marché des pièces détachées automobiles.

A priori, aucun texte juridique ne contraint les constructeurs à mettre sur le marché des pièces détachées pendant un nombre d'années minimum, comme exposé plus haut. L'âge moyen de départ à la casse étant actuellement de 19 ans¹⁷³, il semble inquiétant de ne pas sécuriser l'accès pour les consommateurs et réparateurs aux pièces détachées.

À titre d'exemple, l'Union européenne impose une disponibilité des pièces détachées pour les smartphones de 7 ans (et 5 ans pour la maintenance logicielle)¹⁷⁴. En France, la loi impose l'obligation de disponibilité de nombreuses pièces détachées pour les outils de jardinage et de bricolage pendant au moins 10 ans (tondeuses à gazon, tronçonneuses, nettoyeurs haute pression...), et pour les articles de sport et de loisirs pendant au moins 5 ans¹⁷⁵ (vélos, scooters, tentes, tables de ping-pong, tapis de course...). La durée d'usage présumée de ces équipements est pourtant moins importante que pour des véhicules.

Selon le Président de Mobilians Remanufacturing, continuer à produire des pièces détachées monopoliserait des chaînes de production et manquerait de rentabilité pour les équipementiers. Il souligne que des exceptions persistent, par exemple pour la marque Mercedes dont le positionnement premium le justifie ; ou pour des modèles vendus à très gros volumes, ce qui fait que leur marché d'après-vente est suffisamment important pour qu'il soit rentable de conserver une chaîne de production (et une capacité de stockage) dédiée à leurs pièces détachées.

En ce qui concerne en particulier les batteries de véhicules électriques, le garage Revolte souligne qu'il est fréquent de ne pas pouvoir se fournir en batteries neuves ou en modules (les composants d'une batterie), les constructeurs indiquant **"pas de délais"** lorsqu'ils cherchent à s'en procurer. Les réparateurs de Revolte signalent que c'est une situation extrêmement fréquente 10 ans après la fin de la chaîne de production, mais qu'ils ont déjà rencontré la situation à plusieurs reprises après seulement 8 ans.

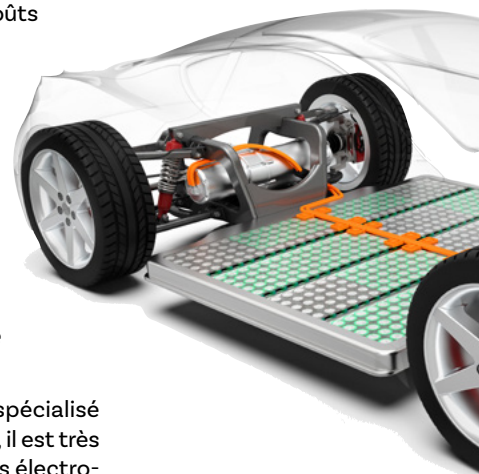
Certains équipementiers interrogés semblent toutefois considérer que même si la mise à disposition des pièces détachées est essentielle, celle-ci demande une importante capacité de stockage. Un des professionnels interrogés nous le confie : *"rien que pour des sièges de voitures, on cumule 250 modèles"*. Même si nous n'appuyons pas la remise en question de la nécessité de disponibilité des pièces détachées, nous notons que les espaces de stockage posent la question de l'impact sur l'artificialisation des sols.

Les limites de la réparation au composant

Les engagements de mise à disposition des pièces détachées ne permet pas pour autant de garantir une réparation plus fine, dite **au composant**. "Réparer au composant" signifie par exemple ouvrir le phare pour en changer la LED (on l'appelle "composant"), plutôt que de changer tout le phare (on l'appelle "pièce détachée" ou "sous-ensemble"). L'intérêt peut être notamment de réduire les coûts de la réparation. Le Président de Mobilians Remanufacturing souligne ce problème en donnant l'exemple suivant : *"Continental vend des injecteurs aux constructeurs, qui sont très fragiles et doivent être fréquemment changés. Il ne vend que les produits neufs et assemblés, pas les composants nécessaires à leur réparation, qui pourtant pourraient permettre aux industriels du remanufacturing de donner une seconde vie à ces injecteurs défectueux."*

Pour le cofondateur du garage Revolte, spécialisé dans la réparation de voitures électriques, il est très souvent impossible de trouver des cartes électroniques, sous-composants essentiels des éléments majeurs d'une voiture électrique (chargeurs, inverseurs, calculateurs). Il n'y a selon lui aujourd'hui aucune filière d'approvisionnement de pièces détachées internes à ces éléments. Parfois, des composants électroniques standardisés peuvent être trouvés, mais certains restent spécifiques et indisponibles dans le commerce. Par ailleurs, selon lui, les préconisations constructeurs envoyées au garagiste au moment du diagnostic d'une panne sont très majoritairement de **"remplacer tout l'organe", c'est-à-dire la pièce entière**. Le cofondateur du garage Revolte souligne ainsi : *"Pour une panne réparable d'un élément dans un chargeur, on remplace tout le chargeur, et ça coûtera entre 4 000 € et 7 000 € (en fonction des véhicules)"*. Pour un moteur, entre 5 000 € et 10 000 €, et pour une batterie de voiture électrique, entre 12 000 € et 25 000 € si celle-ci est indémontable.

Cela constitue donc une entrave à une réparation abordable. C'est une problématique que HOP rencontre aussi dans le secteur des Équipements électriques et électroniques (EEE), soulevée par une récente étude de l'Ademe¹⁷⁶. **Une réparation au**



composant serait plus économique et limiterait les impacts environnementaux : on change une plus petite partie de la voiture et on obtient les mêmes résultats. Elle demanderait cependant un diagnostic plus fin, et surtout à ce que les constructeurs et les équipementiers vendent au détail.

Interrogée sur ce point, une source nous indique que les équipementiers ne semblent pas prêts à le faire, et laisse entendre qu'il ne serait en tout cas pas viable pour des réparateurs indépendants de se pencher sur la réparation au composant. Selon l'Ademe, le même argument est avancé par les fabricants d'équipements électriques et électroniques¹⁷⁷ mais paraissent peu convaincants pour HOP.

Passer la seconde sur le développement des PIEC

Depuis 2017, les consommateurs doivent être informés de l'existence de Pièces de rechange Issues de l'Économie Circulaire (PIEC) lors de la réparation ou de l'entretien de leur véhicule¹⁷⁸. **80 % des réparateurs interrogés dans le cadre du baromètre de Mobilians considèrent que les PIEC seraient la solution idéale en cas d'indisponibilité de pièces neuves.** Le marché des pièces remanufacturées ou d'occasions permet a priori par ailleurs de proposer des pièces à prix réduit¹⁷⁹, de faire vivre la filière des reconditionneurs, et de diminuer théoriquement l'impact environnemental de la réparation (en évitant la production de pièces neuves et le traitement de pièces usées). D'autant plus dans un contexte d'inflation des prix : les coûts moyens des pièces de rechange pour une réparation après sinistre de collision ont augmenté de 7,5 % en 2023 par rapport à 2022, et ils sont en constante augmentation depuis 2019 selon la SRA¹⁸⁰.

Ce marché des pièces d'occasion est déjà bien structuré dans le secteur automobile. Cependant, selon le baromètre de Mobilians, ces pièces ne constituent que 5 % du marché de la pièce détachée, et elles n'ont pas encore bonne presse chez tous les automobilistes et dans tous les garages. Les choses sont toutefois en voie d'amélioration : **70 % des automobilistes sont prêts à installer des pièces issues de l'économie circulaire (PIEC) sur leur voiture en 2022.** Les réparateurs, qui ont un rôle de prescripteurs et sont soumis depuis 2017 à l'obligation légale de proposer des PIEC au moment de la réparation, sont pourtant 46 % à ne pas se penser concernés. Seulement 37 % des réparateurs connaissant leurs obligations proposent systématiquement les PIEC à leurs clients.

Ce baromètre de Mobilians donne à voir les lacunes du décret depuis 2017, qui devrait s'accompagner d'une large campagne de sensibilisation des réparateurs quant à leur obligation, à l'existence et la fiabilité des PIEC (seulement 65 % des ré-

parateurs savent ou pensent savoir en quoi elles consistent). Ce décret devrait aussi donner lieu à des contrôles et des sanctions en cas de non-respect de l'obligation.

Par ailleurs, certaines offres de PIEC sont encore à développer. Un expert interrogé nous mentionne le cas des pneumatiques, dont le réemploi nécessite la **structuration d'une filière pour répondre aux demandes des automobilistes et constituer un service après-vente fiable et sécurisé.**

Vers une logique de recyclage qui prime sur la réparation ?

Les objectifs de recyclage entrent parfois en concurrence avec d'autres piliers d'économie circulaire potentiellement plus vertueux et moins énergivores : la réparation, le réemploi et le reconditionnement.

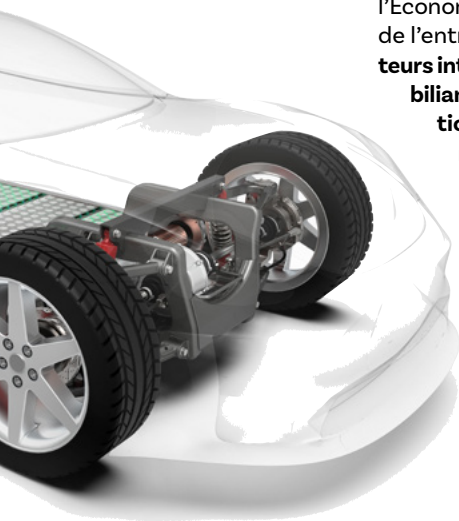
Certains acteurs interrogés utilisent l'expression de "**la guerre des déchets**", pour expliciter le caractère concurrentiel du traitement des véhicules en fin de vie. En effet, la voiture hors d'usage devient un gisement précieux, au fondement du modèle économique de nombreux acteurs : réparateurs et remanufacturiers indépendants, mais aussi recycleurs et constructeurs.

La concurrence entre les objectifs d'économie circulaire (recyclage, réparation, réemploi, éco-conception) pour la captation de ces gisements pose question. Un expert du groupe Michelin souligne le **manque de logique systémique reposant sur l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) dans l'établissement des objectifs des filières REP.** L'ACV consiste à réaliser un bilan environnemental multi-impact d'un produit ou d'un service à toutes les étapes de sa vie, depuis l'extraction et le transport des matières premières jusqu'à la fin de vie.

La suggestion de l'expert du Groupe Michelin pour corriger cette lacune est la suivante : étendre à l'ensemble du réemploi et de la réutilisation les dispositions introduites au seul recyclage, au II. de l'article 61 de la loi AGECE (« *sous réserve que l'analyse du cycle de vie de cette obligation soit positive.* »).

Selon HOP, il est néanmoins nécessaire de s'assurer que les critères de l'ACV sont pertinents, en particulier les durées de vie de référence prises en compte pour chaque catégorie de produits.

Par ailleurs, le cadre établi récemment pour la filière REP¹⁸¹ des véhicules hors d'usage fait **craindre à certains acteurs interrogés un déséquilibre en faveur des constructeurs automobiles, limitant potentiellement le droit à la réparation et favorisant le recyclage** avant tout. HOP a pu le constater, par exemple, dans la filière des équipements électriques et électroniques pour laquelle les objectifs de recyclage sont fixés à environ 80 % contre 2 % pour le réemploi¹⁸².



Les limites des voitures connectées pour leur durabilité

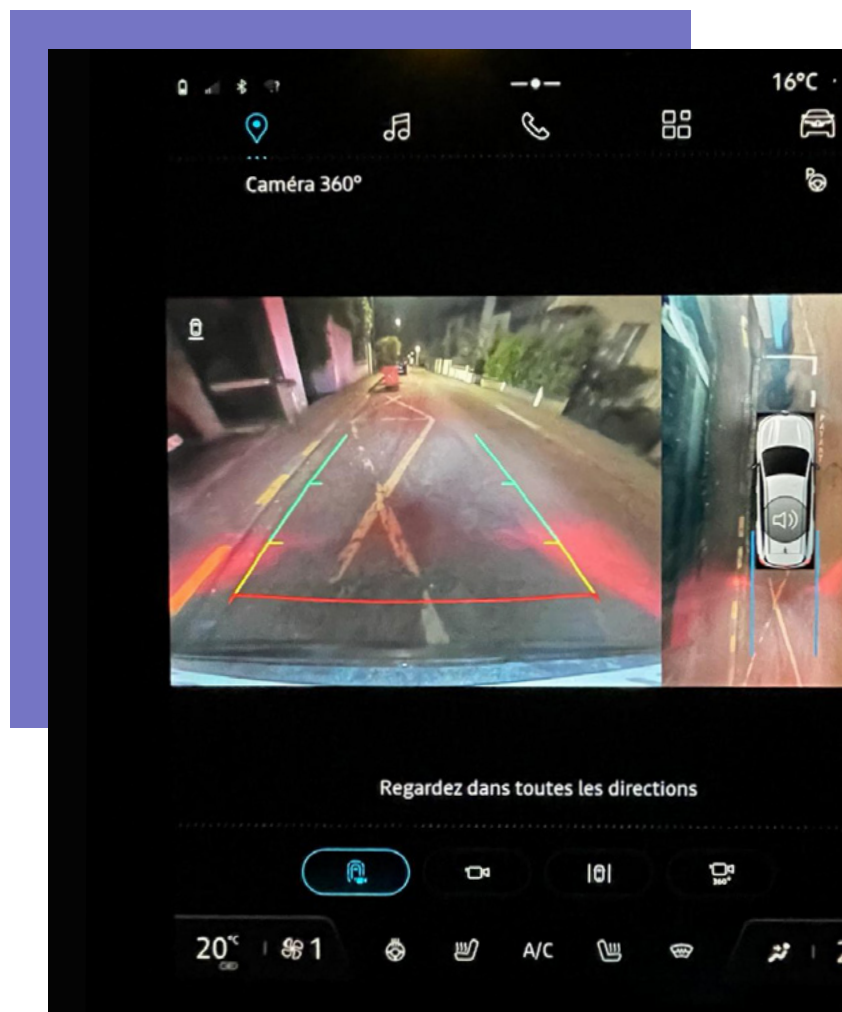
La tendance actuelle est à l'électronisation croissante des voitures, thermiques comme électriques. Celles-ci sont bardées de capteurs et de logiciels les transformant progressivement en quelque sorte en "smartphones roulants", pour le meilleur et pour le pire... Outre l'impact environnemental de l'ajout de capteurs et technologies, l'électronisation des automobiles pose des questions en matière d'économie circulaire que nous connaissons bien chez HOP¹⁸³ : accessibilité des données, réparabilité complexe des éléments électroniques, sérialisation des pièces, obsolescence logicielle, etc.

Électronique embarquée (Renault espace hybride essence modèle 6).

Les avantages d'une voiture connectée

En préambule, notons que selon les experts interrogés, **les logiciels et l'électronique représentent aujourd'hui près de la moitié des coûts de production d'une voiture neuve**. Cette tendance à électroniser les véhicules contribue à l'amélioration de la **sécurité** routière (aides électroniques à la conduite) mais aussi d'offrir un certain **confort** pour l'automobiliste. Cela permet aussi de capitaliser sur de nouveaux **services** pour les constructeurs (parfois même en faisant payer le client pour débloquer des options déjà installées dans sa voiture)¹⁸⁴.

Le **système embarqué** intégré à ces véhicules englobe à la fois les logiciels (software) et les éléments électroniques matériels (hardware)¹⁸⁵. Il est composé de nombreux éléments : capteurs, interfaces utilisateurs, connectivité, etc. De nombreux capteurs produisent des données sur l'état et le fonctionnement de la voiture (pression des pneus, position par rapport aux obstacles, etc.). Ces données sont utilisées pour **diagnostiquer** les problèmes, **optimiser** la performance du véhicule ou exécuter les commandes du conducteur. La connectivité permet, quant à elle, de recevoir et de partager des données avec d'autres appareils, et un accès à **Internet**. C'est ce qui permet de **contrôler** un véhicule à distance : ouverture des portes, vérification du niveau de carburant, etc¹⁸⁶.



Les données produites constituent une **opportunité pour un grand nombre d'acteurs du secteur automobile**. Elles permettraient par exemple : des services d'anti-vol améliorés, des aides à la conduite améliorant la sécurité, l'amélioration de la conception et de la robustesse (via l'étude de l'usure des pièces), des interventions plus rapides de dépanneurs, l'amélioration de la compréhension des sinistres **par les assurances (accidentologie)**¹⁸⁷, etc.

Pour la grande majorité des professionnels auditionnés, ces données pourraient aussi **améliorer la réparabilité des voitures**, en perfectionnant : la maintenance préventive ou curative, le diagnostic rapide et précis en cas de panne ou d'accident (sans même ouvrir le véhicule), etc.

Le tout-électronique, pari risqué pour la réparabilité

Si l'électronique peut être vecteur de progrès en matière de réparabilité et de fiabilité, elle suppose l'introduction de nombreuses problématiques bien connues pour les smartphones.

L'intégration d'électronique dans les automobiles peut complexifier fortement leur réparation, et en faire grimper les coûts. En effet, ils demandent des **connaissances techniques** spécifiques, ainsi que des **accès aux logiciels** constructeurs, que les réparateurs traditionnels d'automobiles n'ont pas eu besoin d'acquérir jusqu'alors. Le marché de la réparation de l'électronique embarquée est aujourd'hui en pleine expansion, et voit émerger de nouveaux acteurs spécialisés.

Selon un acteur auditionné, de nombreux composants deviennent par ailleurs monoblocs pour en réduire les coûts de fabrication et optimiser leur intégration : ils sont intégrés dans une même pièce. Ainsi, un phare équipé de capteurs devra potentiellement être entièrement changé en cas de dégâts, et son coût augmentera du fait de la présence d'électronique.

Certains acteurs interrogés, producteurs comme réparateurs, ont signalé **l'obsolescence de certains composants électroniques** : les générations de composants se succèdent, et il semble être de plus en plus complexe de trouver les pièces détachées. Pour eux, ce tourbillon technologique complique la tâche des réparateurs : là où un même moteur thermique se retrouve sur un certain nombre de modèles pendant plusieurs années, chaque génération de voitures a ses propres composants électroniques.

Par ailleurs, le marché ne paraît pas prêt à pousser à la durabilité de ces composants. La priorité de la majorité des constructeurs est à la baisse des coûts et à la miniaturisation, au détriment de l'existence de réparabilité. Un constructeur interrogé

tient à souligner que **le choix de la réparabilité devient de plus en plus cher pour les constructeurs volontaires**, qui, à moins d'en faire un positionnement marketing fort, finiront probablement par se plier aux lois du marché.

La sérialisation gagne le secteur de l'automobile : une réparabilité verrouillée

La sérialisation, aussi appelée appariement, consiste à verrouiller certaines pièces à leur voiture d'origine, rendant impossible leur installation sur un autre véhicule. Dénoncée dans le cas d'Apple sur ses iPhones, **cette pratique constitue une entrave à la réparation selon HOP**, qui a déposé une plainte fin 2022 contre la multinationale¹⁸⁸.

Pour les véhicules, un réparateur auditionné nous signale que la sérialisation bloque la réparabilité de deux façons :

- La pièce sérialisée ne peut pas être associée à un autre véhicule que celui d'origine, et ne pourra donc pas être reconditionnée à la fin de sa première vie,
- Certaines voitures ne peuvent pas "accepter la greffe" d'une pièce d'occasion, un peu comme pour une imprimante qui refuserait systématiquement les cartouches reconditionnées.

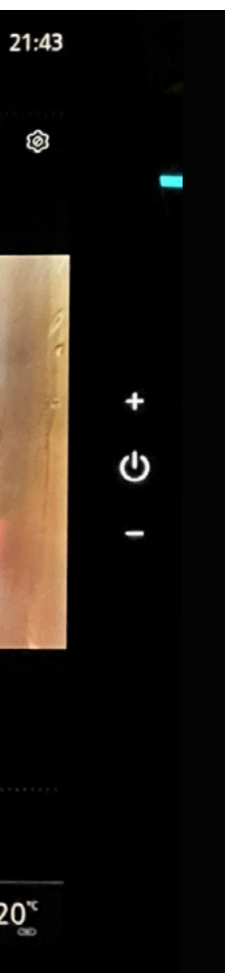
Pour "virginiser" la pièce, c'est-à-dire **lever ce verrou électronique**, il faut disposer de compétences très poussées ou obtenir un accès à la clé constructeur (si elle existe¹⁸⁹).

Étant donné les conséquences de cette sérialisation pour les réparateurs indépendants de smartphones, HOP s'inquiète des répercussions en cours et à venir de la sérialisation pour la réparation automobile.

Les raisons avancées par les constructeurs et équipementiers auditionnés pour adopter l'appariement sont celles de la sécurité anti-vols, et de la protection de leur propriété intellectuelle.

Équipementiers et constructeurs semblent cependant se renvoyer la responsabilité de ces pratiques. Si les équipementiers défendent que cette sérialisation protège leur savoir-faire, ils paraissent aussi considérer qu'ils ne font que répondre aux demandes des constructeurs.

Certains constructeurs ont pour leur part indiqué à HOP qu'ils ne faisaient que se plier aux standards du marché, malgré le fait que ces pratiques peuvent complexifier leurs activités de reconditionnement (les rendant parfois incapables d'installer leurs propres pièces reconditionnées sur leurs voitures).



Mis à part la suppression des verrous logiciels, une des solutions, soulignée par l'un des experts interrogés, pourrait être celle des "pièces enveloppes". Ce sont des pièces électroniques qui sont identiques aux autres, avec les mêmes puces, mais qui ne sont pas affiliées à un logiciel. Elles peuvent donc permettre de réparer plusieurs générations d'une gamme de voiture.

Les risques d'obsolescence logicielle

HOP tient par ailleurs à alerter sur le fait que les voitures de plus en plus connectées reposent en grande partie sur les mises à jour logicielles.

Théoriquement, cela pourrait permettre de conserver des voitures performantes, évolutives et confortables pendant de nombreuses années. On pourrait modifier les options d'un véhicule grâce à son logiciel, sans changer de voiture et donc le faire durer dans le temps en l'améliorant. Cependant, en cas de mauvais encadrement par la loi, cela ouvre la porte à une obsolescence logicielle largement indésirable. La présence de logiciels peut mener à de nombreuses dérives que nous constatons déjà pour les équipements électriques et électroniques :

- **La maintenance limitée dans le temps des logiciels**, menant à l'obsolescence prématurée de certains équipements qui ne peuvent plus être utilisés en l'absence de mise à jour de leur système opératif. Les constructeurs devraient avoir à s'engager pendant toute la durée de vie du véhicule à proposer des mises à jour de sécurité et de fonctionnement adaptées.
- **La diminution des capacités de l'appareil ou dysfonctionnements du produit suite aux mises à jour**, pour inciter à en acheter un nouveau. Apple a d'ailleurs été condamné sur ce type de sujet en 2020 (pour pratique commerciale trompeuse par omission), suite à une plainte déposée par HOP¹⁹⁰.

Il est primordial, à l'heure du développement des systèmes embarqués, de s'assurer que ces pratiques d'obsolescence logicielle ne se reproduisent pas dans le secteur automobile. Les Nations unies ont publié un règlement traitant spécifiquement des mises à jour logicielles des véhicules, proposant un cadre en la matière, mais qui ne semble pour l'instant pas prendre assez en considération ces risques d'obsolescence¹⁹¹.

Les voitures connectées : nouvel eldorado réservé aux constructeurs ?

Selon des experts interrogés, le modèle tend actuellement essentiellement vers le développement du "véhicule étendu" : **les constructeurs renforcent progressivement un monopole de détention des données**. Le modèle du véhicule étendu signifie que l'accès à toutes les données et communications avec la voiture doit passer par le serveur du constructeur. Le constructeur peut donc choisir de refuser ces accès à des tiers, ou de leur octroyer à des tarifs peu avantageux¹⁹².

Il y a un **intérêt économique majeur** en jeu pour les constructeurs : ces données et cette connectivité leur offrent en effet une bonne opportunité de tirer profit de l'après-vente, et de développer leurs offres de services.

La mainmise des constructeurs sur les données pourrait conduire à des pratiques a priori anti-concurrentielles, par exemple dans le secteur de la réparation¹⁹³ :

- la monétisation des données à des prix arbitraires, obligeant par exemple les réparateurs indépendants à payer (un prix potentiellement exorbitant) pour avoir accès aux données de leurs clients afin d'effectuer un entretien prédictif ou des diagnostics ;
- le blocage de certaines données hors réseau constructeur ;
- les délais d'obtention trop longs des données après en avoir fait la demande auprès du constructeur.

Les réparateurs indépendants, en particulier, pourraient être de plus en plus limités dans leur capacité de diagnostic et de réparation.

L'étude commandée en 2023 par la Fédération Internationale de l'Automobile (FIA) souligne les impacts de cette "**position privilégiée qu'occupent actuellement les constructeurs automobiles**"¹⁹⁴ en matière d'accès aux données des véhicules connectés en Europe, en l'absence d'une réaction réglementaire suffisante. **Les pertes annuelles sont estimées à 95 milliards d'euros pour le marché indépendant de l'après-vente à horizon 2050**, dont environ 54 milliards seraient liés aux pratiques jugées anti-concurrentielles sur les opérations liées à la réparation¹⁹⁵.

Nous pouvons donc légitimement craindre que ces pratiques représentent des risques pour le droit à la réparation des automobilistes en limitant, *in fine* :

- La liberté de choisir son garagiste
- La possibilité d'effectuer une contre-expertise
- La possibilité d'effectuer une auto-réparation
- La possibilité de réparer à un prix juste et raisonnable

En cas de mauvais encadrement par la loi, cela ouvre la porte à une obsolescence logicielle largement indésirable

À l'instar des huit organisations du secteur ayant publié une tribune pour l'amélioration de l'écosystème des véhicules connectés¹⁹⁶, une grande partie des acteurs auditionnés militent pour un **accès aux données plus équilibré entre les parties prenantes**.

Si des règlements européens existent en matière d'accès aux données (RGPD¹⁹⁷ pour les données personnelles et Data act¹⁹⁸ pour les données industrielles), un texte sectoriel dédié aux véhicules connectés apparaît nécessaire pour leur bonne application, mais tarde à être publié¹⁹⁹. Tout en assurant la cybersécurité, **l'utilisateur devrait légitimement disposer de ses données, et pouvoir les transmettre librement à des tiers pour bénéficier de leurs services, en particulier pour la réparation, à des tarifs concurrentiels**.

L'utilisateur devrait légitimement disposer de ses données, et pouvoir les transmettre librement à des tiers pour bénéficier de leurs services

Ainsi, l'électronisation croissante des voitures est en elle-même questionnable (utilisation de ressources minières, multiplication des éléments fragiles), mais elle semble inéluctablement choisie par le secteur automobile, justifiée par la sécurité sur les routes et le confort via la multiplication des options. Elle pourrait théoriquement être l'occasion de faciliter la réparation des voitures. C'est pourtant l'inverse qui paraît plutôt se produire. Les pratiques en cause devraient pouvoir être encadrées par des réglementations effectives, ce qui fait pour le moment défaut.

Conclusion II

Pour conclure cette seconde partie, nos investigations nous font douter sur la capacité des véhicules thermiques modernes et des véhicules électriques à durer 19 ans, comme la moyenne actuelle, et plus. En effet, plusieurs éléments nous font craindre le pire, tels que : la place croissante de l'électronique dans les voitures connectées (dont les données sont captives des constructeurs) ; la durée de vie de la batterie non garantie (sans compter qu'elle paraît encore trop peu réparable et peu remplaçable au-delà de 10 ans environ) ; les pratiques de fabrication de monobloc géant indémontable (avec le gigacasting) ; ou encore le manque de disponibilité des pièces détachées neuves et d'occasion dans des délais et à des coûts raisonnables.

Si le secteur automobile est historiquement marqué par une logique d'économie circulaire, il semble que de nombreuses failles s'immiscent dans ce système. Ce secteur, traditionnellement favorable à la réparation des véhicules, se voit chahuté par la transition des mobilités et la recherche de nouveaux business modèles pour les parties prenantes, en particulier pour les constructeurs automobiles, qui pourraient se diriger de plus en plus vers la baisse des coûts de production – pour rendre le prix du neuf plus attractif – et le recyclage. Dans ce contexte, les consommateurs pourraient bien avoir de très mauvaises surprises dans l'expérience post-achat, malgré une relative fiabilité des véhicules, avec des coûts importants en cas de réparation ; sans compter les impacts environnementaux de l'avènement de "voiture jetable", à la moindre faille.

Conclusion générale

Le secteur automobile est en pleine mutation. Malgré une longévité impressionnante des automobiles et des pratiques d'économie circulaire historiquement très développées (réseau de réparation, de pièces détachées neuves et d'occasion, compteur d'usage, marché de l'occasion dynamique, etc.), le poids écologique et sanitaire des automobiles thermiques est insoutenable. C'est notamment le cas pour les plus anciennes générations. Face à cette prise de conscience, les décideurs politiques en France et en Europe légifèrent et mettent en place des mesures drastiques pour transformer le marché. Les impacts pour les automobilistes sont importants : 34 % d'entre eux seront potentiellement touchés par l'interdiction de rouler dans les zones à faible émission en 2025, qui visent à réduire la pollution pour des raisons de santé. Par ailleurs, les normes européennes prévoient l'interdiction de mise sur le marché de véhicules thermiques neufs à partir de 2035 afin de réduire, en particulier, les émissions de CO₂.

Si tous les signaux sont à l'électrification progressive du parc automobile, et que les constructeurs s'y préparent déjà, la plupart des automobilistes ont le temps de voir venir. D'après l'Ademe, la généralisation du parc électrique n'est prévue qu'à partir de 2050. Les véhicules électriques sont plus vertueux en matière d'émissions de gaz à effet de serre à l'usage que les véhicules thermiques, mais leur empreinte environnementale est plus importante en amont, au moment de leur fabrication, du fait de la batterie. D'ici à la généralisation de ce type de véhicule, les choix de conception et les stratégies de modèle économique des véhicules électriques se précisent aujourd'hui.

Dans ce contexte, nous avons cherché à nous projeter et à savoir si les véhicules de demain seront aussi durables, réparables et fiables que ceux d'aujourd'hui. Puisque l'âge moyen de départ à la casse des véhicules aujourd'hui s'élève à presque 20 ans²⁰⁰, nous avons cherché à challenger les impacts économiques, écologiques et sociaux des politiques publiques au prisme du temps long, de l'appréciation de la durée de vie des équipements et de l'économie circulaire. Où en serons-nous dans 20 ans, en 2044 ?

Quel scénario dans 20 ans, si on ne fait rien aujourd'hui ?

À cette question, personne ne peut avoir de certitude. Toutefois, nos investigations ont permis d'identifier les signaux faibles observables dès aujourd'hui, pour imaginer un futur des automobiles. La durabilité des véhicules repose sur un système complexe d'acteurs et de pratiques, c'est pourquoi

nous tenterons une analyse systémique prospective, à partir de tous les faisceaux d'indices relevés dans cette étude, pour conclure ce rapport.

HOP propose un scénario dans le but d'en tirer des enseignements pour le présent afin de s'ajuster collectivement et tendre vers un futur de la mobilité souhaitable. Au regard de nos travaux, le scénario imaginé est celui d'une dystopie qui accentue certaines tendances actuelles relatives à la complexification de la réparation des voitures et le renouvellement accéléré des véhicules.

Imaginez un monde, disons en 2044, où quasiment l'ensemble du secteur est passé à l'électrique, poussé par les réglementations adoptées dans les années 2020. En 2044, l'économie circulaire repose essentiellement sur un nouveau modèle de "fast fashion" de l'automobile (pour des véhicules neufs ou loués) et sur le "tout recyclage". On cherche prioritairement à intégrer des matières recyclées à la fabrication, plutôt que de favoriser le réemploi ou la réparation. Or, si le recyclage est une pratique vertueuse, elle n'est pas suffisante à elle seule pour développer une véritable économie circulaire soutenable.

Les constructeurs, soutenus par le développement de filières REP en leur faveur, récupèrent la majorité des véhicules hors d'usage, en fin de vie, et donc leurs pièces et batteries. De fait, les autres acteurs du secteur n'ont ainsi plus accès au gisement et le marché des pièces détachées d'occasion, par exemple, est en berne. Les prix sont devenus exorbitants. Sans pièces détachées neuves, d'occasion ou reconditionnées largement disponibles, il est impossible de réparer à un prix abordable.

En 2044, force est de constater que les marques comme Tesla ou BYD se sont imposées sur le marché, en bouleversant les codes : vendre des véhicules moins chers, mais plus souvent, à des prix défiants toutes concurrences. Pour y parvenir, ils rognent sur les coûts de production et la réparabilité. Ils ont entraîné dans leur sillon toute l'industrie qui cherche à être compétitive aux yeux des consommateurs. La généralisation de ces choix de conception rendent aujourd'hui, en 2044, la réparation économiquement impossible. Les rares modèles encore réparables sont très coûteux. Seuls les plus aisés peuvent se le permettre. L'après-vente repose essentiellement sur des services digitaux des voitures connectés, avec de nouvelles applications sophistiquées et séduisantes. Mais ne cherchez pas de SAV réparateurs : c'est la politique du "zéro service" qui domine, sur laquelle Tesla fût précurseur.

Les progrès sont fulgurants et les voitures sont globalement incroyablement fiables. Sauf pour les modèles les plus bas de gamme. Cependant, il vaut mieux avoir de la chance, car en cas de problème sur la route avec la batterie ou le logiciel, c'est la tuile. Notons que

les accidents sont quand même beaucoup plus rares qu'à l'époque, grâce à la conduite assistée de l'intelligence artificielle. L'automobiliste reste néanmoins souverain à bord. Aussi, les accidents du quotidien comme les défaillances techniques persistent. Les voitures sont devenues très peu réparables, il apparaît plus rentable de renouveler le véhicule. Le réseau de réparateurs indépendants, pourtant si développé dans les années 2020 a fondu comme neige au soleil, faute de politiques publiques ayant su protéger le droit à la réparation.

Quant à l'auto-réparation, n'y pensez pas : personne ne s'avise à toucher à ces bijoux de technologie ultra-complexe ! Le secteur de la réparation est en mauvais état, n'ayant qu'un accès limité aux pièces et aux données, et se confrontant à un design foncièrement anti-réparable (comme des batteries noyées dans la résine). Beaucoup de garages se sont reconvertis dans la mobilité douce et intermédiaire. Ainsi, en 2044, beaucoup de voitures victimes de pannes, d'accidents et de dysfonctionnements partent à la casse. Ou plutôt, retournent à la case départ (chez le constructeur), pour être transformés en matière recyclée.

Vers des voitures jetables en 2044

In fine, les véhicules ont une durée de vie assez limitée, car les batteries ne sont globalement ni réparables, ni remplaçables. En 2044, malgré une relative fiabilité, quand la batterie fatigue ou dysfonctionne, il faut jeter la voiture ! De ce fait, le secteur de l'occasion n'est pas attractif pour acheter un véhicule. D'autant plus que les efforts des constructeurs pour baisser les prix de production payent : les voitures électriques neuves sont moins chères qu'avant.

Un cercle vicieux s'est donc installé en 2044 : les usagers cherchent à payer le prix d'achat le plus bas, le prix de revient sur le long terme n'étant pas assuré, poussant ainsi d'autant plus à la concurrence des marques pour baisser les coûts de production, ce qui renforce encore l'irréparabilité.

Au-delà d'une forme d'aliénation des clients, captifs d'équipements complexes sur lesquels ils n'ont plus la main (ni sur la mécanique, ni sur l'électronique, ni sur les données produites), posséder une voiture coûte (très) cher, sur le temps long. Le coût total d'un véhicule électrique se répartit différemment de ce qu'on a pu connaître avec le thermique, avec des véhicules plus fiables, mais qu'on renouvelle parfois plus vite, avec des frais de maintenance logicielle réguliers, des frais d'assurance ou de réparation plus importants. Les assureurs ont d'ailleurs dû revoir profondément leur modèle, car la prise en charge des petits ou gros accidents leur coûtait trop cher, avec des coûts de réparation ou une évaluation de l'Argus (en cas de remplacement) en hausse.

En matière d'économie circulaire, c'est l'amer sentiment d'un "retour vers le futur" qui prédomine en 2044. D'un secteur historiquement à l'avant-garde des bonnes pratiques de réemploi, de réparation, de pièces d'occasion, riche d'un écosystème économique divers et dynamique, nous sommes passés à une tout autre logique, à rebours du sens de l'histoire. L'empreinte environnementale globale du secteur automobile n'a finalement pas réellement baissé. Avec le passage à l'électrique, et la démocratisation du digital embarqué, la consommation en CO2 a un peu diminué. En revanche, les besoins en minerais ont explosé, entraînant la multiplication de mines controversées en France et dans le reste du monde. Malgré les capacités croissantes en recyclage, les matériaux d'hier ne répondent que très partiellement aux nouveaux besoins face à course à l'innovation.

Ajuster aujourd'hui la stratégie pour un futur souhaitable

Bien qu'il se fonde sur les indices et signaux faibles donnés aujourd'hui par les acteurs et experts du secteur, ce scénario, formulé par HOP, reste une hypothèse, parmi d'autres possibilités. Malgré des initiatives positives à saluer en matière de durabilité, pour l'association experte de l'obsolescence programmée, tout porte à croire que la trajectoire globale est inquiétante, tant pour les consommateurs que pour l'environnement, ainsi que de nombreux acteurs économiques actuels, piliers de l'économie circulaire.

Le secteur automobile se pense dans le temps long : il est marqué à la fois par une forte inertie (les véhicules qui sortent aujourd'hui ont été pensés il y a au moins 7 ou 10 ans) mais aussi par une forte capacité d'innovation. C'est aujourd'hui qu'il faut ajuster la stratégie pour un futur souhaitable. Le champ des possibles reste pleinement ouvert.

Nous retenons plusieurs recommandations de cet exercice de projection, et aspirons à poursuivre les échanges avec l'ensemble des parties prenantes, dans une approche constructive. Ainsi, HOP rêve d'un futur dans lequel la réduction des besoins, la réparation et le réemploi sont prioritaires par rapport au renouvellement accéléré des voitures et leur recyclage, tout en développant l'autonomie et la souveraineté des automobilistes, dans le respect d'une mobilité durable.

Pour y parvenir, quelques éléments semblent indispensables à ancrer dans les pratiques et la réglementation : imposer des règles d'éco-conception, notamment en matière de réparabilité et remplacement des batteries, de démontabilité des pièces ; augmenter les garanties constructeurs (notamment sur les batteries), faciliter l'accès aux pièces neuves ou d'occasion et logiciels, et éviter les situations de monopole pour stimuler la concurrence et la compétitivité prix dans le secteur de la réparation.

Nos propositions

01 Intégrer des normes de durabilité et réparabilité des batteries en Europe

L'Union européenne est en mesure d'intervenir sur les conditions de durabilité et de réparabilité des équipements, comme le montrent les normes Ecodesign et le règlement européen relatif aux smartphones. Il est impératif d'obtenir des normes favorables à la réparabilité et la durabilité des véhicules électriques et en particulier des batteries. HOP recommande une durée de disponibilité pendant au moins 20 ans, pour les batteries et toutes autres pièces détachées ou composants essentiels, en cohérence avec la durée de vie des véhicules. Envisager la standardisation de certaines pièces permettrait de limiter les efforts de stockage en leurs impacts écologiques ; ainsi que l'ouverture à l'impression 3D open source, une fois passé le délai de disponibilité légale.

Le règlement batterie du 12 juillet 2023 est largement insuffisant, et le règlement récemment proposé par la Commission européenne reste lacunaire. Nous demandons la réparabilité des batteries en elle-même, avec, par exemple, la possibilité de désassemblage et remplacement des composants comme les modules.

02 Garantir la démontabilité des véhicules

Une pratique est particulièrement visée ici : le méga et giga-casting, compromettant la démontabilité des véhicules. Le principe de neutralité technologique étant particulièrement important dans une industrie aussi mouvante que celle de l'automobile, HOP appelle à une réflexion avec les parties prenantes pour traiter au mieux ce sujet, et faire en sorte que ces pratiques ne constituent pas un obstacle à la réparation.

03 Favoriser le marché des pièces détachées issues de l'économie circulaire (PIEC)

Pour continuer à réparer à des prix abordables, nous recommandons d'ouvrir le débat avec toutes les parties prenantes concernées pour étudier certaines solutions : introduction de la consigne sur les pièces détachées neuves ou extension de la logique de reprise "1 pour 1" qui existe déjà pour certains appareils électriques et électroniques²⁰¹. Prévoir un bilan d'étape est nécessaire pour identifier les points bloquants pour les professionnels dans la mise en œuvre. De plus, développer la standardisation des pièces et composants est susceptible de faciliter les activités de réemploi, réparation et reconditionnement.

04 Proposer un indice de réparabilité

Le passeport des véhicules (règlement "circularité des véhicules"²⁰²) qui prévoit de communiquer des informations sur les véhicules au moment de leur immatriculation (notamment les émissions de polluants, consommation en carburant et énergie, autonomie, performance dans le temps des batteries) est insuffisant. HOP et l'EEB (European Environmental Bureau)²⁰³ regrettent qu'il ne prenne pas en compte l'usure et la réparabilité du véhicule.

Plébiscitée par de nombreux d'acteurs interrogés, **la mise en place dans le secteur automobile d'un indice de réparabilité, voire de durabilité, pourrait protéger les consommateurs et tirer les pratiques de conception vers le haut.** Le principal atout de cette mesure serait l'information du consommateur au moment de l'achat sur les coûts d'entretien et de réparation qu'il devra assumer au long de la vie du véhicule.

Si HOP considère que l'indice de réparabilité et de durabilité est un levier intéressant, celui-ci ne peut en aucun cas se substituer à la mise en place de contraintes légales minimales d'éco-conception (cf. n°1). Son succès dépend aussi beaucoup de l'ambition et la méthodologie employée.

05 Étendre la garantie légale du véhicule

Le délai de garantie relatif au secteur automobile est identique à celui des autres biens. La garantie légale de conformité couvre les automobilistes contre les anomalies sur leur véhicule pendant un délai de 2 ans²⁰⁴.

Nous recommandons d'étendre la garantie légale de la batterie des véhicules électriques (avec une prévalence de la réparation sur le remplacement) pendant au moins 10 ans, afin de responsabiliser les constructeurs sur les promesses qu'ils formulent en termes de durée de vie (en nombre de kilomètres). Les constructeurs pourraient ainsi être incités à en assurer la fiabilité et la réparabilité, puisqu'ils devront en répondre en cas d'anomalies.

06 Prévenir l'obsolescence logicielle des véhicules

Les pratiques de **sérialisation (verrou électronique)** empêchant la réparation et le reconditionnement des pièces doivent être encadrées, voire interdites, afin d'assurer la réparabilité des véhicules et l'utilisation des PIEC.

L'adoption de normes préventives contre **l'obsolescence logicielle** est nécessaire. Nous recommandons que soit intégrée dans le règlement "Circularité des véhicules" une durée réglementaire minimum de maintenance et de garantie des systèmes opératifs et des mises à jour des véhicules, pendant 20 ans. Pour information, pour les smartphones²⁰⁵, dont la durée d'usage est estimée à 4 ans selon le baromètre SAV de Fnac Darty, l'obligation maintenance logicielle est fixée à minimum 5 ans.

Il s'agit enfin de garantir **l'accès de l'automobiliste aux données de son véhicule** (notamment concernant l'état de la batterie), et lui permettre de les partager aux réparateurs de son choix (soit la "portabilité à des acteurs tiers") et ainsi favoriser la réparabilité à des prix abordables, sans monopoles des marques ni discrimination des réparateurs indépendants. En la matière, HOP appelle notamment à la publication du règlement sectoriel déclinant les principes établis par le Data-Act, qui se fait attendre.

07 Encadrer les filières REP pour prioriser la réparation et le réemploi

Il paraît souhaitable d'éviter une forme de mainmise des constructeurs sur le gisement, afin de garantir le développement d'un marché concurrentiel dans l'économie circulaire. Il s'agit de pallier *in fine* la hausse des prix sur les PIEC ou la priorisation du recyclage (pour répondre aux obligations d'intégration de matières recyclées dans les véhicules neufs). HOP et l'EEB²⁰⁶ considèrent que le système de Responsabilité élargie des producteurs (REP) se focalise trop sur la fin de la vie des véhicules, et qu'il passe à côté de la hiérarchisation entre les niveaux de déchets : d'abord la prévention, puis le réemploi, la réparation, le reconditionnement, et enfin le recyclage. Pour l'intérêt général, l'État doit s'en porter garant.

Annexe 1 :

Focus sur le marché des pièces détachées

Sur le marché de la pièce détachée, on retrouve :

Les pièces d'origine, appartenant aux constructeurs

Elles peuvent être vendues par les constructeurs ou par les équipementiers qui les produisent. Notre enquête révèle qu'aucune disposition législative existe pour contraindre les constructeurs à mettre à disposition certaines pièces détachées pendant un temps donné. En revanche, l'article L111-4 du Code de la consommation contraint les constructeurs à communiquer au consommateur la période pendant laquelle il s'engage à les rendre disponibles.

Les pièces proposées par d'autres sous-traitants

• Les pièces de qualité équivalente (PQE)

Elles copient le cahier des charges des pièces d'origine. Elles sont définies au niveau européen comme des pièces *“d'une qualité suffisamment élevée pour que leur emploi ne porte pas atteinte à la réputation du réseau agréé en question”*²⁰⁷. Elles bénéficient d'une certification de qualité, et peuvent être moins chères et donc plus attractives que les pièces d'origine.

Ces pièces sont fortement défendues par leurs producteurs, les **équipementiers**. Ces derniers considèrent que le rapport de force est actuellement trop déséquilibré en faveur des constructeurs (et donc des pièces d'origines) pour laisser leur place aux PQE²⁰⁸. Le rapport de force s'est quelque peu équilibré avec l'adoption de la loi Climat et Résilience du 1er janvier 2023, autorisant les équipementiers à commercialiser les pièces dites visibles²⁰⁹ qu'ils ont conçu (autorisation auparavant réservée aux constructeurs).

Les autres fabricants doivent néanmoins attendre une période de 10 ans à compter de l'enregistrement du dessin pour commercialiser ces pièces, contre 25 ans avant la loi (Autorité de la concurrence). Seules les pièces de vitrages sont désormais commercialisables par n'importe quel fabricant.

• Les pièces adaptables

Ce sont des pièces dont la qualité n'est pas certifiée, leurs points d'attache et leurs fonctionnalités correspondent à celles des pièces d'origine. Leurs prix peuvent être très attractifs, mais ces pièces ne sont pas favorisées dans le marché de la réparation, car elles n'offrent pas de garanties de qualité.

Les pièces de réemploi : issues de l'économie circulaire (PIEC)

Ces pièces proviennent d'un centre de véhicule hors d'usage (VHU) agréé par l'État, ou sont remises en état par le fabricant (c'est ce qu'on appelle l'échange standard). Tout un écosystème s'est développé autour de la remise en état des pièces pour permettre le réemploi.

Elles peuvent être de différents types :

- **Pièces d'occasion** : celles qui n'ont pas d'éléments mécaniques spécialement sujets à l'usure. Ce sont généralement les pièces de carrosserie.
- **Pièces remanufacturées** : dont on garde la carcasse, mais on change toute la mécanique et les parties sujettes à l'usure. Cela concerne les moteurs, les boîtes de vitesses, les éléments électriques, etc.
- **Pièces en échange standard** : issues du SAV du constructeur, ces pièces sont remanufacturées après avoir été retournées pour un défaut de fabrication.

Comme nous l'avons vu, certains verrous peuvent empêcher les pièces non d'origine d'être installées.

Annexe 2 :

Focus sur les réglementations relatives aux données des véhicules connectés

Le Règlement général sur la protection des données (RGPD)

En théorie, ce règlement défend le droit de chacun à disposer librement de ses données personnelles.

La CNIL (Commission Nationale Informatique & Libertés) confirme en 2017 le caractère personnel de *“toutes les données qui [...] peuvent être rattachées à un usager [...]”*²¹⁰. Par exemple, *“les données relatives aux trajets effectués, à l'état d'usure des pièces, aux dates des contrôles techniques, au nombre de kilomètre, ou au style de conduite”*.²¹¹

Le RGPD garantit, entre autres, que l'automobiliste soit explicitement consulté à l'heure d'exploiter ces données, informé de manière transparente à chaque utilisation, qu'il dispose d'un droit de libre accès à ces données, et puisse logiquement les partager gratuitement à des tiers. En revanche, les données *“industrielles”*, c'est-à-dire techniques et définitivement non rattachables à une personne physique, ne sont pas protégées par le RGPD.

Cependant, ce droit semble entrer en conflit avec les intérêts de l'industrie, du secret des affaires et de la propriété intellectuelle protégeant les équipements producteurs de données. Un *“club conformité”* a été lancé en 2023 par la CNIL pour créer un espace de dialogue entre les acteurs du secteur.²¹²

Le Data-Act²¹³

Ce règlement met théoriquement en place des règles équitables et non discriminatoires d'accès aux données des objets connectés. Il se penche sur les données *“industrielles”*, celles qui ne sont pas considérées comme *“personnelles”*. L'utilisateur se voit garantir deux droits : celui d'accès aux données générées par son utilisation de l'objet connecté, et celui d'exiger le transfert de ces données vers une entreprise tiers (maintenance, réparation). De ces droits découlent des obligations pour les constructeurs, notamment en termes de design de leurs objets, qui doivent être conçus pour faciliter l'accès aux données.

Dans les faits, si le Data act est relativement satisfaisant dans les principes qu'il avance, les acteurs du secteur automobile²¹⁴ soulignent la nécessité de *“publication d'un texte réglementaire spécifique au secteur automobile sur l'accès aux données des véhicules”*²¹⁵. Pour la FEDA (Fédération de la Distribution Automobile), le délai annoncé de publication de ce texte sectoriel à la fin de 2024 ne sera pas tenu, et l'échéance ne cesse d'être repoussée, sous la pression des différents acteurs du secteur.

Références

01. "ODD12 - Établir des modes de consommation et de production durables", agenda-2030.fr, 7 mars 2024
02. Pauline Verge et Tom Février, "Émissions de CO2 : où en est la France, secteur par secteur ?", Les Échos, 30/11/2024
03. Sylvia Medina, Mathilde Pascal, Claude Tillier, "Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique", Santé Publique France, juin 2016
04. Statista, "Les conducteurs de voitures en France, Faits et chiffres", statista.com, avril 2022
05. Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, "38,9 millions de voitures en circulation en France au 1er janvier 2023", statistiques.developpement-durable.gouv.fr/21/11/2023
06. Les Français toujours aussi accros à la voiture» Erwa Benezet, Le Parisien, 13 juillet 2019
07. Sénat, "Zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m) : sortir de l'impasse", Rapport d'information n°738 (2022-2023), juin 2023.
08. Ademe, "Les ZFE-m visent d'abord à protéger notre santé", infos.ademe.fr, avril 2023.
09. Medina Sylvia, Adélaïde Lucie, Wagner Véréne, de Crouy Chanel Perrine, Real Elsa, Colette Augustin, Couvidat Florian, Bessagnet Bertrand, Durou Amélie, Host Sabine, Hulin Marion, Corso Magali, Pascal Mathilde, "Impact de la pollution de l'air ambiant sur la mortalité en France métropolitaine", Santé publique France, avril 2021.
10. "Qualité de l'air et réglementation - Les effets de la qualité de l'air sur la santé", mieurespire-renville.gouv.
11. Déterminés par la Directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant
12. IPFEN-Ademe, "Étude énergétique, économique et environnementale du transport routier à horizon 2040 (E4T 2040)", juin 2022.
13. Ademe, "Plus de la moitié des particules fines émises par les véhicules routiers récents ne proviennent plus de l'échappement", presse.ademe.fr, avril 2022.
14. Clotilde Gaillard, "Le Parlement européen adopte largement la norme Euro 7", auto-infos.fr, 12 mars 2024.
15. geodair.fr
16. recosante.beta.gouv.fr
17. "Les émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports", notre-environnement.gouv.fr, février 2021.
18. Parlement Européen, "Émissions de CO2 des voitures : faits et chiffres (infographie)", europarl.europa.eu, février 2023.
19. IPFEN - Ademe, E4T2040, op._cit.
20. Stéphane Amant, Clément Mallet, Nicolas Meunier, Juliette Sorret, Marion Subtil, "Les idées reçues sur la voiture électrique", Carbone4, 22 février 2022.
21. IEA50, "The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions", iea50.org, mai 2021.
22. Voir le Transition Minerals Tracker, business-humanrights.org ; "Transition écologique : les mines de cobalt, l'envers du rêve électrique", documentaire diffusé par France 24, juillet 2023.
23. Beatriz Berthoux, Anne-Claire Reinstadler, Déborah Artigue ; Ademe, Marion Soulard, "Piles et Accumulateurs : données 2021 - Rapport annuel.", pour l'Ademe, Octobre 2022.
24. Guillaume Pitron, La guerre des métaux rares, 2018
25. European Environment Agency, "Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe", eea.europa.eu, 24 octobre 2023.
26. Pour compléter : le site jechan-gemavoiture.gouv propose un simulateur permettant de visualiser et d'identifier les avantages et inconvénients de chaque option. Le car labelling de l'Ademe permet de comparer des modèles précis de voitures.
27. Se fondant sur le cas norvégien, l'Observatoire de l'ANFA communique sur la possibilité d'une baisse de 12 % d'activités d'entretien et de 43 % d'activités de réparation comparé aux voitures thermiques (ANFA, "La maintenance des véhicules particuliers", autofocus n°105, octobre 2023).
28. Louis-Pierre Geffray, "Politiques de conversion anticipée du parc de véhicules thermiques en véhicules électriques : impacts climatiques", IDDRI, Décryptage n°03/23, 03 mai 2023.
29. Stéphane Amant, Clément Mallet, Nicolas Meunier, Juliette Sorret, Marion Subtil, "Les idées reçues sur la voiture électrique" art._cit.
30. IPFEN-Ademe, E4T 2040, op._cit.
31. Selon un expert en batteries interrogé, la batterie de démarrage est bien plus petite, et utilise principalement du plomb, métal toxique dont la filière de collecte et de recyclage est bien réglementée.
32. Ibid.
33. Ibid. ; IEA50, "The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions", op._cit.
34. Aurélien Bigo, "Voiture et climat : le match thermique VS électrique - Principales études disponibles pour la France et le monde", Bon Pote, 03/2023.
35. Ministère de la Transition écologique et solidaire, "Information GES des prestations de transport. Guide méthodologique", p.142.
36. Calcul fait pour une consommation moyenne de 6,3L aux 100 km, en prenant la valeur moyenne pour les voitures diesel (Statista, "consommation moyenne de carburant d'une voiture particulière en France de 2004 à 2021, selon le type de carburant", statista.com, 07 novembre 2023).
37. Ministère de la Transition écologique et solidaire, "Information GES des prestations de transport...", op._cit., p.142.
38. Calcul fait pour une consommation moyenne de 7,5L aux 100 km, en prenant la valeur moyenne pour les voitures à essence (Statista, "Consommation moyenne...", art._cit.
39. Ministère de la Transition écologique et solidaire, "Information GES des prestations de transport...", op._cit., p.142.
40. Calcul fait pour une consommation de GPL de 20 % supérieure (Maxime Pasture, "Ces 5 choses à savoir avant d'acheter une voiture au GPL", autoplus.fr, 09 mars 2022) à celle estimée à 7,5 L / 100 km pour l'essence (Statista, "Consommation moyenne...", art._cit.), donc une consommation de 9 L aux 100 km.
41. Ministère de la Transition écologique et solidaire, "Information GES des prestations de transport...", op._cit., p.142.
42. Calcul fait pour une consommation de biocarburant de 25 % supérieure (Hayat Gazzane, "Superéthanol E85 : 5 choses à savoir sur le moins cher des carburants", Les Échos, 25/01/2022) à celle estimée pour l'essence de 7,5 L / 100 km (Statista, "Consommation moyenne...", art._cit.), donc une consommation d'environ 9,4 L / 100 km.
43. IPFEN-Ademe, E4T 2040, op._cit.
44. RTE France, "Les émissions de la production d'électricité sont en augmentation contenue : elles demeurent parmi les plus faibles d'Europe", analyse-setdonnees.rte-france.com, 16/02/2023
45. Estimation à partir de la donnée RTE des émissions dues à la production de l'électricité

- en France, et partant d'une consommation moyenne de 17 kWh pour 100 km pour une voiture électrique (Allianz, "Quelle est la consommation d'une voiture électrique en 2023 ?", allianz.fr)
46. European Environment Agency, "Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe", op._cit.
 47. IPFEN-Ademe, E4T 2040, op._cit.
 48. Anthony Benoist, Laurent Van de Steene, François Broust, Arnaud Helias, "Enjeux environnementaux du développement des biocarburants liquides pour le transport", Sciences Eaux & Territoires, 2012/2 (numéro 7), p.66-73.
 49. Guillaume Pitron, La guerre des métaux rares, op._cit.
 50. Hors chiffres Retrofit et Hybride HEV : AAA Data (expert en analyse des données d'immatriculation), relayée par BFMTV : Julien Bonnet, "35.474 euros en moyenne : les prix des voitures neuves ont (encore) bondi en 2023", bfmtv.com, 05 janvier 2024.
 51. "Transformer votre diesel en hybride GPL : le bon plan... ou pas ?", L'Alsace, 04 janvier 2024.
 52. Hayat Gazzane, "Superéthanol E85...", art._cit.
 53. Alexandre Allard (ALGOE), Laurent Castagnede (BCO2 Ingénierie), Étude "Retrofit", pour l'Ademe, mars 2021.
 54. Éligibilité vérifiable sur les sources citées en partie I.B.
 55. Éligibilité vérifiable sur les sources citées en partie I.B.
 56. Prix au litre pour les carburants de véhicules thermiques obtenus à partir des chiffres data.gouv sur les prix moyen durant l'année 2023. Prix aux 100 km communiqués dans : "FAQ Mon leasing électrique", ecologie.gouv, 23 février 2024.
 57. Maxime Pasture, "Ces 5 choses...", art._cit. ; Hayat Gazzane, "Superéthanol E85...", art._cit. ; expliqué par le pouvoir calorifique inférieur ("Contenu énergétique des carburants et biocarburants destinés au transport - Annexe 1 de l'arrêté du 2 mai 2012 relatif aux contenus énergétiques des biocarburants et des carburants", douane.gouv.fr).
 58. Engie, "Combien coûte une borne de recharge pour voiture électrique ?", mobiliteverte.engie.fr, 31 mars 2023.
 59. Pour l'installation en résidentiel collectif, voir le programme Advenir. Pour les bornes en maison individuelle, possible crédit d'impôt (voir sur service-public.fr).
 60. "FAQ mon leasing électrique", ecologie.gouv, 23 février 2024.
 61. Donnée Qovoltis après augmentation des prix de l'électricité début 2024 (MaxK, "Combien ça coûte de recharger une voiture électrique à domicile, sur autoroute... ?", largus.fr, 10 février 2024).
 62. Stéphane Armant, Clément Mallet, Nicolas Meunier, Juliette Sorret, Marion Subtil, "Les idées reçues sur la voiture électrique", art._cit.
 63. IPFEN-Ademe, E4T 2040, op._cit. ; "Overhyped hydrogen as a fuel risks endangering net-zero goals", Nature Editorial, 16 novembre 2022 ; Cécile Querleu & Alexander Stoffregen (Sphera), Hélène Teulon (Gingko 21), "Analyse du cycle de vie relative à l'hydrogène. Production d'hydrogène et Usage en mobilité légère", pour l'Ademe, septembre 2020.
 64. Mathilde Riaud, "L'hydrogène vert face au défi de la compétitivité", Les Échos, 23 novembre 2023.
 65. Conseil général de l'économie, "Quelle place et quelles perspectives pour l'industrie française dans les véhicules à nouvelles motorisations ?", juillet 2016, p.5.
 66. Bruno Mouly, "L'essor de la voiture individuelle à hydrogène attendra", Les Échos, 18 mars 2024.
 67. Aurélien Bigo, "Les voitures hybrides rechargeables, fausse solution pour le climat", Bon Pote, 23 juin 2022.
 68. Stéphane Amant, Clément Mallet, Nicolas Meunier, Juliette Sorret, Marion Subtil, "Les idées reçues sur la voiture électrique" art._cit.
 69. Les émissions du parc automobile européen en 1990 s'élevaient à environ 70 Mt CO₂eq (IPFEN-Ademe, E4T 2040, op._cit.), cela suppose donc de passer en dessous du seuil des 7 Mt CO₂eq. À titre de comparaison, le secteur des transports a émis 130 millions de tonnes de CO₂eq en 2022 en France (Pauline Verge et Tom Février, "Émissions de CO₂...", art._cit.).
 70. L'État français a été condamné en 2019 par la CJUE (CJUE 24 octobre 2019, Commission c. France, aff. C-636/18) puis en 2022 par le Conseil d'Etat (Décision n° 428409 du 17 octobre 2022) pour non-respect de la Directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant.
 71. Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, "Zones à faibles émissions (ZFE)", ecologie.gouv.fr, 18 mars 2024
 72. Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, "La qualité de l'air dans les grandes agglomérations métropolitaines en dépassement régulier des seuils réglementaires de la qualité de l'air", ecologie.gouv.fr
 73. Anaïs Moran, "Zones à faibles émissions : Marseille, Rouen et Strasbourg sortent de la zone rouge", Libération, 19 mars 2024
 74. Voici les villes concernées : Amiens, Angers, Annecy, Avignon, Bayonne, Béthune, Bordeaux, Brest, Caen, Chambéry, Clermont-Ferrand, Dijon, Douai-Lens, Dunkerque, Genève-Annemasse, Grenoble, Le Havre, Le Mans, Lille, Limoges, Metz, Montpellier, Mulhouse, Nancy, Nantes, Nice, Nîmes, Orléans, Pau, Perpignan, Reims, Rennes, Saint-Étienne, Toulon, Toulouse, Tours, Valenciennes. Marseille, Rouen et Strasbourg les rejoignent en mars 2024. (Ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires, "La qualité de l'air dans les grandes agglomérations métropolitaines (...)", ecologie.gouv.fr).
 75. Pour consulter les dérogations locales aux ZFE, vous pouvez vous rendre à la page dédiée sur mieux-respirer.ville.gouv.fr.
 76. Sénat, Rapport d'information n°738 (2022-2023), op._cit. : dans le parc automobile français en 2023, on trouve 22 % de Crit'Air 3 ; 7,5 % de Crit'Air 4 ; 1,5 % de Crit'Air 5 ; 3 % de non classées.
 77. Parlement Européen, "Tout savoir sur l'interdiction de l'UE concernant la vente de voitures neuves à essence et diesel à partir de 2035", europarl.europa.eu, 03 juillet 2023.
 78. David Lefevre, "e-fuels, tout ce que vous devez savoir sur les carburants de synthèse", Les Numériques, 04 avril 2023.
 79. Jean-Luc Mounier, "Moteurs thermiques : les e-fuels, carburants de niche au centre du bras de fer UE-Allemagne", France 24, 27 mars 2023.
 80. Traduction du tweet de Volker Wissing, ministre allemand des Transports, 25 mars 2023.
 81. Florian Zito, Thibault Belin, "L'avenir de la voiture européenne : pourquoi les carburants de synthèse ne sont-ils pas la solution ?", Carbone4, 10 novembre 2023.
 82. "Automobile : l'Union européenne accepte d'assouplir l'interdiction sur les moteurs thermiques après 2035, sous la pression de Berlin", France info source AFP, 25 mars 2023 ; Transport & Environnement "Des tests montrent que les voitures roulant à l'e-fuel polluent autant que les véhicules essence", transportenvironnement.org, 06 décembre 2021.
 83. Ludovic Bellanger, "Réglementation automobile CAFE : atten-

- tion un train peut en cacher un autre”, auto-infos.fr, 15 février 2024.
84. Ademe, “Émissions des véhicules routiers – Les particules hors échappement”, avril 2022.
85. “Taxe 2024 sur les émissions de CO2 des véhicules de tourisme (malus CO2)”, service-public.fr.
86. “Taxe 2024 sur la masse en ordre de marche des véhicules de tourisme (malus masse)”, service-public.fr.
87. “Simulateur – Malus CO2/malus au poids : un remboursement est-il possible ?”, service-public.fr.
88. WWF, “L’impact écrasant des SUV sur le climat”, octobre 2020.
89. Stéphane Amant, Clément Mallet, Nicolas Meunier, Juliette Sorret, Marion Subtil, “Les idées reçues sur la voiture électrique” art_cit.
90. Ademe, “Evolution de la masse moyenne, véhicules particuliers neufs vendus en France”, carlabelling.ademe.fr, 2024.
91. Stéphane Amant, Clément Mallet, Nicolas Meunier, Juliette Sorret, Marion Subtil, “Les idées reçues sur la voiture électrique” art_cit.
92. Aurélien Bigo, “Les voitures hybrides...”, art_cit.
93. Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, “38,9 millions...”, art_cit.
94. Stéphane Amant, Clément Mallet, Nicolas Meunier, Juliette Sorret, Marion Subtil, “Les idées reçues sur la voiture électrique” art_cit.
95. WWF, “L’impact écrasant des SUV sur le climat”, op_cit.
96. Bercy Infos, “Achat d’un véhicule : comment fonctionne le bonus écologique ?”, economie.gouv.fr, 15 mars 2024.
97. Eva Gomez, “Bonus écologique 2024 : modèles éligibles, barème et modalités”, Roole media, 13 février 2024.
98. “Foire aux questions (FAQ) : éligibilité du bonus écologique au titre du score environnemental pour les voitures particulières neuves électriques”, entreprises.gouv, 05 octobre 2023.
99. “Prime à la conversion pour une voiture”, service-public.fr, 14 février 2024.
100. Acheté à un professionnel ou à un particulier.
101. “Prime au rétrofit pour une voiture”, service-public.fr, 14 mars 2023.
102. “Puis-je obtenir un prêt à taux zéro pour l’achat d’un véhicule peu polluant ?”, economie.gouv.fr.
103. Ménages dont le revenu fiscal de référence par part est inférieur ou égal à 15 400 €
104. Guillaume Guichard, “Voiture électrique : l’exécutif met fin au leasing social pour 2024”, Les Échos, 12 février 2024.
105. Sénat, Rapport d’information n°738 (2022-2023), op_cit.
106. Conseil national du commerce, “Position et propositions concernant les ZFE-m”, entreprises.gouv.fr, 17 juillet 2023.
107. Ademe et Obsoco, “Perception et attendus du grand public à l’égard de l’électromobilité”, avril 2023.
108. France Urbaine, « ZFE : L’urgence d’allier priorité environnementale et justice sociale », la Grande Conversation, janvier 2023.
109. “ZFE: entre délais de mise en place et manque de contrôles, des contraintes très limitées”, France info, 20 mars 2024.
110. IFPEN - Ademe, E4T2040, op_cit.
111. ANFA, “La maintenance des véhicules particuliers”, op_cit.
112. CCFA (Comité des Constructeurs Français d’Automobiles), “Analyse et statistiques, édition 2022”, p. 38.
113. Ademe et Obsoco, “Perception et attendus du grand public à l’égard de l’électromobilité”, op_cit., p.6.
114. IFPEN-Ademe, E4T2040, op_cit. ; estimations faites avant l’annonce de l’application de l’interdiction aux voitures hybrides, sous-estimant donc possiblement la vitesse d’électrification du parc.
115. CCFA, “Immatriculations de VP en France Décembre 2023”, ccfa.fr, 15 janvier 2024.
116. Ademe & Obsoco, “Perception et attendus...”, op_cit. p.14.
117. Alexandre Allard (ALGOE), Laurent Castagnede (BCO2 Ingénierie), Étude “Rétrofit”, op_cit.
118. Ibid.
119. “Véhicules hors d’usage”, ecologie.gouv.fr, 26 février 2024.
120. “Véhicules hors d’usage”, art_cit.
121. Théo Leclerc, “Carte grise, assurances, pollution... Peut-on tout faire avec une voiture de collection ?”, Ouest France, 10 mars 2024.
122. CCFA, “Immatriculations de VP en France Décembre 2023”, art_cit.
123. ANFA, “La maintenance des véhicules particuliers”, op_cit.
124. France Auto Reman, “La pièce de réemploi en France : je t’aime, moi non plus”.
125. CCFA, “L’industrie automobile française – Analyse et statistiques, édition 2021”, p.66.
126. “Véhicules Hors d’Usage (VHU)”, art_cit.
127. Stéphane Amant, Clément Mallet, Nicolas Meunier, Juliette Sorret, Marion Subtil, “Les idées reçues sur la voiture électrique”, art_cit.
128. Muriel Blancheton, “GIPA : Comment anticiper l’après-vente de demain”, auto.zepros.fr, 04 janvier 2023.
129. Livia Gamper, “Les statistiques sur les pannes montrent que les voitures électriques sont plus fiables que les voitures thermiques”, galaxus.ch, 12 mai 2023.
130. SRA Data Analytics Mobilités & Assurances, Observatoire annuel – Auto 2023, sinistres collision, février 2024.
131. Stéphane Amant, Clément Mallet, Nicolas Meunier, Juliette Sorret, Marion Subtil, “Les idées reçues sur la voiture électrique”, art_cit.
132. Cédric Pintal, Quelle est la vraie durée de vie des batteries de Tesla ?, largus.fr, 12 juin 2020.
133. Parlement européen, “Euro 7 : accord sur de nouvelles règles pour réduire les émissions du transport routier”, europarl.europa.eu, 18 décembre 2023.
134. À noter que ce sont des données par simulation et non fondées sur des expériences réelles.
135. Francesco Ferracuti, Lingkan JIN, Enrico Marchegiani, Andrea Monteriù, “Li-ion battery aging model robustness: An analysis using univariate and multivariate techniques”, Journal of Energy Storage, 72 (Part B), août 2023.
136. Stéphane Amant, Clément Mallet, Nicolas Meunier, Juliette Sorret, Marion Subtil, “Les idées reçues sur la voiture électrique”, art_cit.
137. Aurélien Piot, “Tesla : non, les charges rapides ne font pas chuter la durée de vie des batteries”, les Numériques, 31 août 2023.
138. Guillaume Guichard, Amélie Laurin, “Voiture électrique : l’enfer de la réparation des batteries”, Les Echos, 21 novembre 2023.
139. Photo illustrant une batterie de 12 modules ôtée de son couvercle, Shutterstock
140. Justine Pérou, “Voiture électrique. le défi de la réparation de batterie haute tension”, L’argus, 22 mars 2022.
141. Renault Group, “Refactory : le site de Flins entre dans le cercle de l’économie circulaire”, renaultgroup.com, 19 juillet 2023.

142. ANFA, "Baromètre du véhicule électrique", édition 2023.
143. Catherine Leroy, " Voitures électriques : à l'heure des batteries jetables", Le Journal de l'automobile, 18 janvier 2024.
144. Guillaume Guichard, Amélie Laurin, "Voiture électrique : l'enfer de la réparation des batteries", art._cit.
145. Extrait de la vidéo «4680 Battery Pack: What We Found Under the Foam !» - Chaîne YouTube Munro Live
146. Guillaume Guichard, Amélie Laurin, "Voiture électrique : l'enfer de la réparation des batteries", art._cit.
147. Catherine Leroy, " Voitures électriques : à l'heure des batteries jetables", art._cit.
148. Hertz paie cher son accord géant avec Tesla, Les Echos, Véronique Le Billon, 20 novembre 2023.
149. Guillaume Guichard, Amélie Laurin, "Voiture électrique : l'enfer de la réparation des batteries", art._cit.
150. Ibid.
151. Catherine Leroy, " Voitures électriques : à l'heure des batteries jetables", art._cit.
152. Guillaume Guichard, Amélie Laurin, "Voiture électrique : l'enfer de la réparation des batteries", art._cit.
153. Stéphane Amant, Clément Mallet, Nicolas Meunier, Juliette Sorret, Marion Subtil, "Les idées reçues sur la voiture électrique", art._cit.
154. Conseil de l'Union européenne, "Le Conseil adopte un nouveau règlement relatif aux batteries et aux déchets de batteries", consilium.europa.eu, 10 juillet 2023.
155. Ademe, "Voitures électriques et bornes de recharge", les avis de l'Ademe, octobre 2022.
156. Règlement (UE) 2023/1542 du 12 juillet 2023 relatif aux batteries et aux déchets de batteries, modifiant la directive 2008/98/CE et le règlement (UE) 2019/1020, et abrogeant la directive 2006/66/CE.
157. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on circularity requirements for vehicle design and on management of end-of-life vehicles, amending Regulations (EU) 2018/858 and 2019/1020 and repealing Directives 2000/53/EC and 2005/64/EC.
158. Parlement européen, "Euro 7 : accord sur de nouvelles règles pour réduire les émissions du transport routier", art._cit.
159. Jérémy Lequatre-Garat, "L'inquiétant processus de « giga-casting » pratiqué par Tesla et d'autres constructeurs", Auto infos, 13 octobre 2023.
160. Extrait de la vidéo «Tesla Model Y Texas-Built Giga Castings Removed!» - Chaîne YouTube Munro Live
161. Extrait de la vidéo «Tesla Model Y Texas-Built Giga Castings Removed!» - Chaîne YouTube Munro Live»
162. Jérémy Lequatre-Garat, "L'inquiétant processus...", art._cit.
163. Guillaume Guichard, Lionel Steinmann, "Le giga-casting, cette hérésie de Tesla qui fait douter l'industrie automobile", Les Échos, 9 janvier 2024.
164. Jérémy Lequatre-Garat, "L'inquiétant processus...", art._cit.
165. Guillaume Guichard, Lionel Steinmann, "Le giga-casting, cette hérésie de Tesla qui fait douter l'industrie automobile", art._cit.
166. Ibid.
167. Ibid.
168. Paul Pellerin, "Votre voiture de demain vue à travers six concept-cars fantastiques de 2023", Caradisiac, 20 février 2024. "Adrien Boutroue, Amélie Zorga, Céline Moussy, Twingo E-Tech electric prototype remporte le prix spécial du jury aux trophées de l'Argus 2024", media.renault.com, 24 janvier 2024.
169. Yves Martin, "Giga-casting, giga-dépenses pour les automobilistes", art._cit.
170. Matteo Mercier, Le nouveau gros problème des propriétaires de voitures électriques chinoises, Auto Plus, 25 mars 2024.
171. "Pourquoi Tesla ne veut plus proposer de service d'entretien aux clients", 01net, 18 mars 2024.
172. Marc Zaffagni, "Avec le projet "Zero Service", Tesla espère éliminer l'entretien de ses voitures électriques", Science & Vie, 19 mars 2024.
173. "Véhicules hors d'usage", art._cit.
174. Règlement 2023/1670 de la Commission du 16 juin 2023, établissant des exigences en matière d'écoconception applicables aux smartphones, aux téléphones portables autres que des smartphones, aux téléphones sans fil et aux tablettes conformément à la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil et modifiant le règlement (UE) 2023/826 de la Commission.
175. HOP, "Des pièces détachées désormais obligatoires pour une large gamme de produits", halteobsolescence.org, 12 mai 2023.
176. Anne-Charlotte Bonjean, Erwann Fangeat de l'Ademe ; Alice Nyssens, Mélanie Coppens de RDC Environnement, "Étude sur la réparation au composant", Ademe, septembre 2023.
177. Ibid.
178. "Pièces détachées automobiles, on passe au vert !", ecologie.gouv.fr, 01 janvier 2017.
179. Par exemple ; "Ces pièces peuvent coûter jusqu'à 70% moins cher que l'équivalent en neuf", selon le directeur général de Caréco Paris, spécialiste des pièces détachées (Erwan Bezenet, "Pièces détachées auto : comparez le neuf et l'occasion", Le Parisien, 04 avril 2019).
180. SRA, Observatoire annuel..., op.cit.
181. Articles R. 543-153 et suivants du code de l'environnement précisent les modalités de mise en œuvre de l'obligation de REP pour les producteurs de véhicules.
182. Arrêté du 27 octobre 2021 portant cahiers des charges des éco-organismes, des systèmes individuels et des organismes coordonnateurs de la filière à responsabilité élargie du producteur des équipements électriques et électroniques.
183. HOP - Halte à l'obsolescence programmée, "Nouvelle plainte contre Apple pour obsolescence programmée et entrave à la réparation", halteobsolescence.org, 07 décembre 2022
184. Thomas Pomian-Bonnemaison, "Tesla menace de rendre le chauffage payant dans ses voitures !", presse-citron.net, 16 novembre 2023.
185. "Système embarqué : qu'est-ce que c'est ?", catspowerdesign.fr.
186. "Qu'est-ce que la connectivité automobile ?", webfleet.com.
187. Automobile Club Association, FFEA, France Assureurs, Mobilians, Mobivia, SesamIld, SNSA, UFE, "Véhicule connecté : 8 principes pour un écosystème équilibré & accessible à tous", franceassureurs.fr, février 2022.
188. HOP - Halte à l'obsolescence programmée, "Nouvelle plainte contre Apple pour obsolescence programmée et entrave à la réparation", art._cit.
189. Les constructeurs interrogés par HOP déclarent ne pas disposer eux-mêmes de ces possibilités de virginisation, souvent par volonté de prioriser l'anti-vol.
190. HOP - Halte à l'obsolescence programmée, "Obsolescence des iPhones : une sanction historique contre Apple", halteobsolescence.org, 07 février 2020.

191. UNECE, “Les Nations unies adoptent deux règlements clés pour le déploiement des véhicules connectés, sur la cybersécurité et les mises à jour de logiciels”, *unece.org*, 24 juin 2020
192. Automobile Club Association, FFEA, France Assureurs, Mobilians, Mobivia, SesamIld, SNSA, UFE, “Véhicule connecté...”, *op.cit.* L’argus de l’assurance, “L’accès non discriminatoire aux données du véhicule, entre mythe et réalité”, *argusdelassurance.com*, 02 septembre 2020.
193. Automobile Club Association, FFEA, France Assureurs, Mobilians, Mobivia, SesamIld, SNSA, UFE, “Véhicule connecté...”, *op.cit.*
194. “(...) the privileged position that vehicle manufacturers currently hold”, (Quantalyse Belgium, Schönenberger Advisory Services, “The automotive digital transformation and the economic impacts of limiting data access, Technical Report”, *fiaregion1.com*, 2023, p.7).
195. Quantalyse Belgium, Schönenberger Advisory Services, “The automotive digital transformation...”, *op.cit.*, p.8.
196. Automobile Club Association, FFEA, France Assureurs, Mobilians, Mobivia, SesamIld, SNSA, UFE, “Véhicule connecté...”, *op.cit.*
197. Règlement UE/2016/679 du 26 avril 2016, relatif à la protection des personnes physiques à l’égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données.
198. Règlement (UE) 2023/2854 du 13 décembre 2023, concernant des règles harmonisées portant sur l’équité de l’accès aux données et de l’utilisation des données.
199. Fabio Crocco, “Appel urgent des opérateurs indépendants à l’UE pour un accès équitable aux données des véhicules”, *auto-info.fr*, 19 janvier 2024.
200. “Véhicules hors d’usage”, *op.cit.*
201. Dispositif mis en place par la loi AGEC de 2020
202. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on circularity requirements for vehicle design and on management of end-of-life vehicles, amending Regulations (EU) 2018/858 and 2019/1020 and repealing Directives 2000/53/EC and 2005/64/EC.
203. EEB, “Feedback regarding the proposal for a Regulation on Circularity Requirements for Vehicle Design and on Management of End-of-Life Vehicles”, 01 décembre 2023.
204. Article L217-3 du code de la consommation
205. Règlement 2023/1670 de la Commission du 16 juin 2023, établissant des exigences en matière d’écoconception applicables aux smartphones, aux téléphones portables autres que des smartphones, aux téléphones sans fil et aux tablettes conformément à la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil et modifiant le règlement (UE) 2023/826 de la Commission
206. EEB, «Feedback regarding the proposal...», *op.cit.*
207. Commission européenne, “Lignes directrices supplémentaires sur les restrictions verticales dans les accords de vente et de réparation de véhicules automobiles et de distribution de pièces de rechange de véhicules automobiles”, *Journal officiel de l’Union européenne*, 28 mai 2010
208. François Mondello (président de la FFEA – Fédération Expertise Automobile), “La pièce de qualité équivalente (PQE) une vraie alternative concurrentielle à la pièce d’origine ?”, 18 février 2021
209. C’est-à-dire les pièces de carrosserie, les phares, les rétroviseurs, le pare-brise, ou le vitres latérales
210. “Véhicules connectés et données personnelles, pack de conformité”, CNIL, édition octobre 2017, p.5
211. *Ibid*, p.5.
212. La CNIL lance un «club conformité» dédié aux acteurs du véhicule connecté et de la mobilité», 21 mars 2023
213. _____
214. Laurent Hecquet, «Remise en question du Data Act dans les véhicules connectés», *L’argus de l’assurance*, 22 mars 2024
215. Mobilians, «Décision de la cour européenne en faveur de l’ATU et de Carglass : une avancée significative en faveur de l’accès aux données», 10 octobre 2023



halteobsolescence.org



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES**

*Liberté
Égalité
Fraternité*