

Politiques de conversion anticipée du parc de véhicules thermiques en véhicules électriques : impacts climatiques

Louis-Pierre Geffray (Iddri)

Les zones à faibles émissions (ZFE-m) ont été conçues pour répondre à des enjeux sanitaires. Leur mise en œuvre aura pour effet, en outre, d'accélérer le remplacement des véhicules thermiques anciens par des véhicules plus récents ou électriques. Une conversion du parc intervenant de manière anticipée sous l'effet de ce dispositif ou de mesures de type « lease social » est-elle pertinente d'un point de vue des émissions de gaz à effet de serre ? Si l'on prend en compte les impacts liés à la production, ne devrait-on pas au contraire chercher à faire durer les véhicules thermiques existants le plus longtemps possible ? Ce *Décryptage* examine les enjeux d'une problématique souvent mise en avant dans les débats pour questionner la pertinence des ZFE-m ou de l'électrification des modèles.

MESSAGES CLÉS

Le prolongement de la durée de vie d'un véhicule thermique ne permet qu'une réduction marginale des émissions de gaz à effet de serre par kilomètre additionnel parcouru, l'emploi de carburant fossile (part incompressible des émissions) pesant pour plus de 70 % de l'impact sur l'ensemble du cycle de vie de ces produits.

Le prolongement de la durée de vie d'un véhicule électrique constitue un levier important de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Encourager des durées de vie longues pour cette motorisation doit faire l'objet d'une politique publique volontariste (la réglementation sur la durabilité des batteries actuellement en discussion à l'échelon européen est de ce point de vue une priorité).

Pour un détenteur désireux de choisir une alternative plus vertueuse lors du remplacement de son véhicule, le scénario qui se révèle être le plus faiblement émetteur en gaz à effet de serre consiste à substituer de manière anticipée son véhicule thermique par un véhicule électrique (en considérant à la fois les impacts à la fabrication

des véhicules et le fait que le véhicule thermique aurait pu rouler 4 années supplémentaires).

Le prolongement de la durée de vie d'un véhicule thermique ne peut s'envisager que pour les faibles rouleurs et à la condition d'un passage à l'électrique lors du renouvellement *in fine* du véhicule. Acheter un véhicule thermique neuf, plus faiblement consommateur en carburant, en remplacement de son ancien véhicule, puis le conserver 18 ans (durée de vie moyenne des véhicules en France) présente le pire bilan s'agissant des émissions de gaz à effet de serre.

Ces éléments liés aux enjeux de réchauffement climatique pourront être complétés par l'étude d'indicateurs environnementaux : déplétion des ressources minérales, impacts associés aux activités minières, consommation en eau, etc. Par ailleurs, les scénarios modélisés ne questionnent volontairement pas la demande en transport, ni la taille ou l'efficacité des véhicules, alors que l'ensemble de ces leviers doivent être mobilisés et relèvent indubitablement de conditions intrinsèques à la réussite de la transition.

1. INTRODUCTION ET MÉTHODOLOGIE

Les zones à faibles émissions (ZFE-m)^{1,2} vont restreindre graduellement la circulation des véhicules thermiques les plus anciens en France et induire de fait un renouvellement accéléré du parc (par le remplacement anticipé de certains véhicules). Au cœur de cet enjeu territorial important, le véhicule électrique est l'une des voies technologiques privilégiées par les autorités pour sa double réponse aux enjeux de qualité de l'air et de décarbonation. Il constitue ainsi le cœur des politiques publiques françaises et bénéficie sous conditions d'un dispositif incitatif à l'achat (bonus écologique), auquel vient s'ajouter une prime au remplacement de l'ancien véhicule (prime à la conversion), et même, parfois, une surprime ZFE. Au regard des incitations financières octroyées, le bien-fondé environnemental de l'encouragement au remplacement du thermique par l'électrique, perçu par certains comme une perfusion à une forme de consumérisme, est une question récurrente dans les débats. C'est donc à l'objectivation environnementale du remplacement des véhicules thermiques par l'électrique, et aux conditions sous-jacentes liées, que ce *Décryptage* apporte une contribution, s'appuyant sur une mise en forme relativement nouvelle des connaissances issues de la littérature scientifique.

Le point de départ de la méthode retenue est la détention d'un véhicule type, représentatif du parc concerné par les ZFE. Nous nous positionnons donc, volontairement, du point de vue d'un détenteur de véhicule très ancien, en capacité de rouler encore 3 à 4 ans, et nous réalisons une analyse comparée, en ampleur et en dynamique, de l'impact de plusieurs scénarios de renouvellement du véhicule détenu, et ce sur le strict plan des émissions de gaz à effet de serre. Différentes possibilités techniques et modalités quant au remplacement du véhicule sont modélisées. L'analyse prend en compte l'ensemble des impacts au cours du cycle de vie des véhicules étudiés et ajoute une dimension temporelle pour répondre aux interrogations entre d'une part l'extension de la durée de vie de véhicules plus émetteurs, d'autre part l'impact d'une consommation de matière première supérieure en production due au renouvellement anticipé. Les résultats indiquent que le remplacement anticipé d'un véhicule thermique ancien par un véhicule électrique neuf, outre les bénéfices locaux importants en matière de qualité de l'air qu'il procure, est également plus performant du point de vue des émissions de gaz à effet de serre dans tous les scénarios d'usage normal sur plusieurs années.

2. PROLONGEMENT DE LA DURÉE DE VIE DU VÉHICULE : UNE RÉPONSE DIFFÉRENCIÉE SELON LA MOTORISATION

Le véhicule thermique possède une caractéristique singulière dans la mesure où son utilisation au roulage appelle d'importantes quantités d'énergie fossile. Les 39,7 millions de véhicules particuliers français à moteur thermique ont consommé en moyenne et pour chacun d'eux 625 litres de carburants fossiles en 2022, déduction faite de la part d'incorporation en biocarburant. Sur le territoire national, ce sont donc environ 45,5 milliards de litres de carburants 100 % fossiles qui ont alimenté le parc de véhicules roulant l'année passée. La combustion du carburant de propulsion pèse pour plus de 70 % du bilan des émissions de gaz à effet de serre de ces véhicules sur l'ensemble de leur cycle de vie. C'est ce que nous observons dans la **Figure 1** pour le modèle Renault Clio V à motorisation essence, dont les émissions en analyse de cycle de vie sont proches de 200gCO₂e/km.

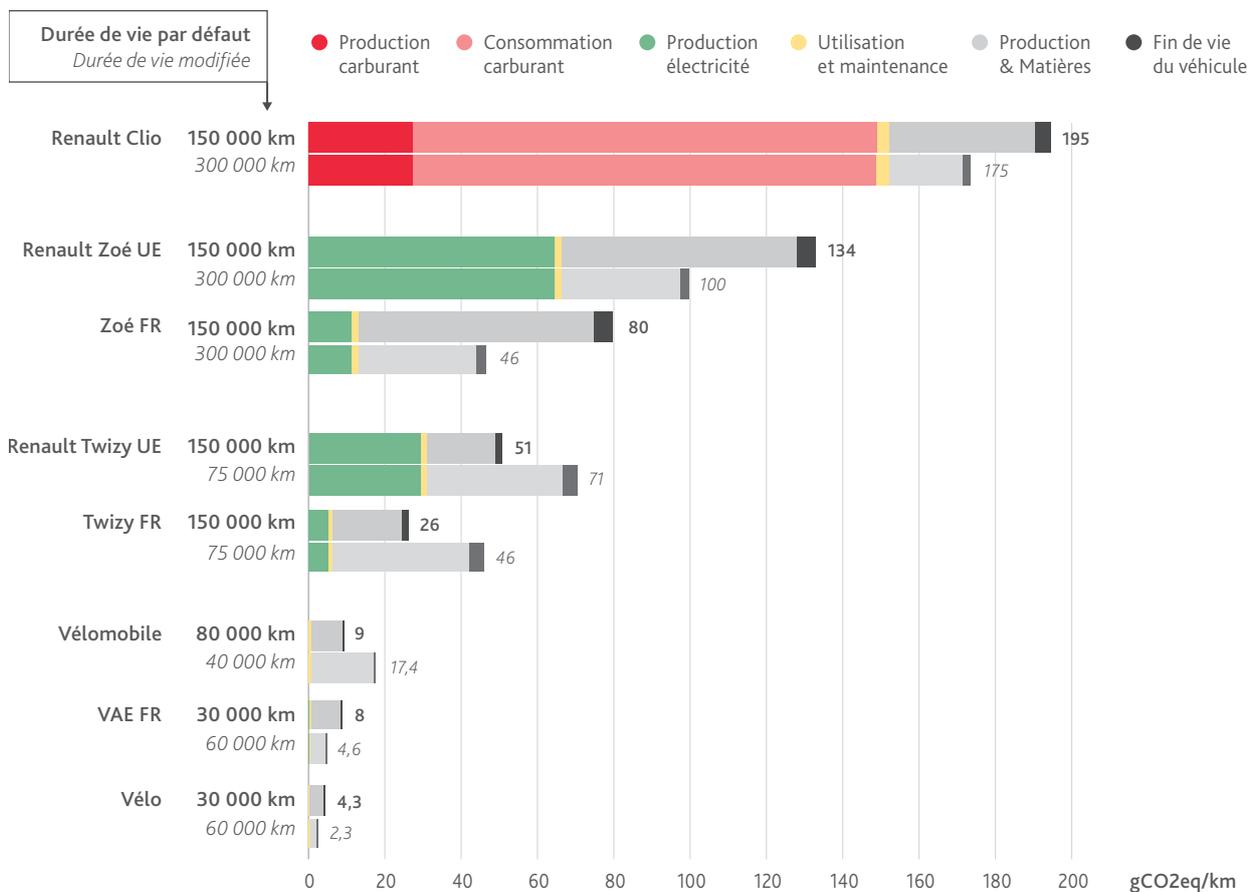
En toute logique, prolonger la durée de vie du parc de véhicules thermiques conduit donc à pérenniser la consommation de carburants fossiles à proportion des kilomètres supplémentaires parcourus. La Figure 1 témoigne que le prolongement de la durée de vie du modèle Clio de 150 000 à 300 000 km permet de réduire au mieux de 10 % son impact par kilomètre parcouru.

L'analyse montre une situation très différenciée et beaucoup plus favorable pour le véhicule électrique représenté dans la Figure 1 par la Renault Zoé. Il apparaît que la motorisation électrique présente une sensibilité accrue à la durée de vie et au kilométrage total sur son cycle de vie, avec un potentiel de réduction, toutes choses égales par ailleurs au sein de l'Union Européenne, de 25 % pour la même extension d'usage et ce malgré une empreinte carbone bien supérieure lors de la phase de production du véhicule (prise en compte dans les calculs présentés). Le graphique présente par ailleurs les résultats pour deux échelles géographiques distinctes : France et Union européenne, deux champs d'étude pour lesquels le bilan carbone du véhicule électrique est nettement favorable.

1 <https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/rapport/reussir-la-mise-en-place-des-zfe-m-pour-et-avec-les>

2 <https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/billet-de-blog/mise-en-oeuvre-des-zones-faibles-emissions-cest-possible>

FIGURE 1. Impact carbone par kilomètre sur l'ensemble du cycle de vie



Source : LPG Conseil sur données : Groupe Renault, Trek Bicycle Corporation, ADEME, Modèle GREET - Année 2021

3. CRITÈRES D'APPRÉCIATION DES RÉDUCTIONS D'EMPREINTE CARBONE

Le prolongement de la durée de vie d'un véhicule thermique procure une marge d'opportunité réduite en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre par km parcouru. Cependant, le levier que constitue ou non la prolongation de sa durée de vie ne peut en réalité s'apprécier qu'en calculant le gain permis par les alternatives de substitution à ce dernier. Il est ainsi intéressant de raisonner sur les émissions cumulées de CO₂ liées aux logiques de remplacement du véhicule : la **Figure 2** illustre plusieurs chemins de détention/renouvellement pour un détenteur particulier dans la nécessité de remplacer son véhicule ancien.

Les variables suivantes ont été intégrées (et leurs impacts mis en lumière dans six scénarios) :

- la temporalité du renouvellement ;
- l'énergie du véhicule de substitution ;
- la taille du véhicule de substitution – par défaut l'ensemble des véhicules sont de segment B (citadines polyvalentes) ;
- la possibilité de s'orienter vers un véhicule neuf ou d'occasion.

Trois messages clés peuvent être tirés de cette simulation.

- Parmi les scénarios de détention modélisés, celui qui se révèle être le plus faiblement émetteur en gaz à effet de serre consiste à remplacer de manière anticipée le véhicule thermique détenu par un véhicule électrique (en considérant à la fois les impacts à la fabrication des véhicules et le fait que le véhicule thermique aurait pu rouler 4 années supplémentaires).
- Le prolongement de la durée de vie d'un véhicule thermique ne peut s'envisager qu'à la condition d'un passage à l'électrique lors du renouvellement *in fine* du véhicule. Acheter un véhicule thermique neuf plus faiblement consommateur en remplacement de son ancien véhicule est le scénario qui présente le pire des bilans.
- La différence d'émissions entre un véhicule thermique et véhicule électrique ne fait que s'accroître structurellement au cours du temps du fait : de l'asymptote atteinte sur l'efficacité des véhicules thermiques ; de la décarbonation attendue du mix électrique européen (inclue dans le Pacte vert) et de la diminution du contenu carbone de la fabrication des batteries (optimisation technologique, décarbonation de l'énergie des usines de production relocalisée en Europe et usage progressif de matériaux issus du recyclage).

Cette simulation présente des limites qu'il convient de mentionner, mais dont les conséquences ne remettent pas fondamentalement en cause la nature de la démonstration.

- Cette simulation n'intègre pas les potentiels de réduction offerts par l'économie circulaire à laquelle le véhicule électrique est un excellent candidat (recyclabilité de sa batterie), tout comme la possibilité de réaliser un échange de la batterie pour prolonger la durée de vie du véhicule au-delà de son kilométrage nominal de première vie.

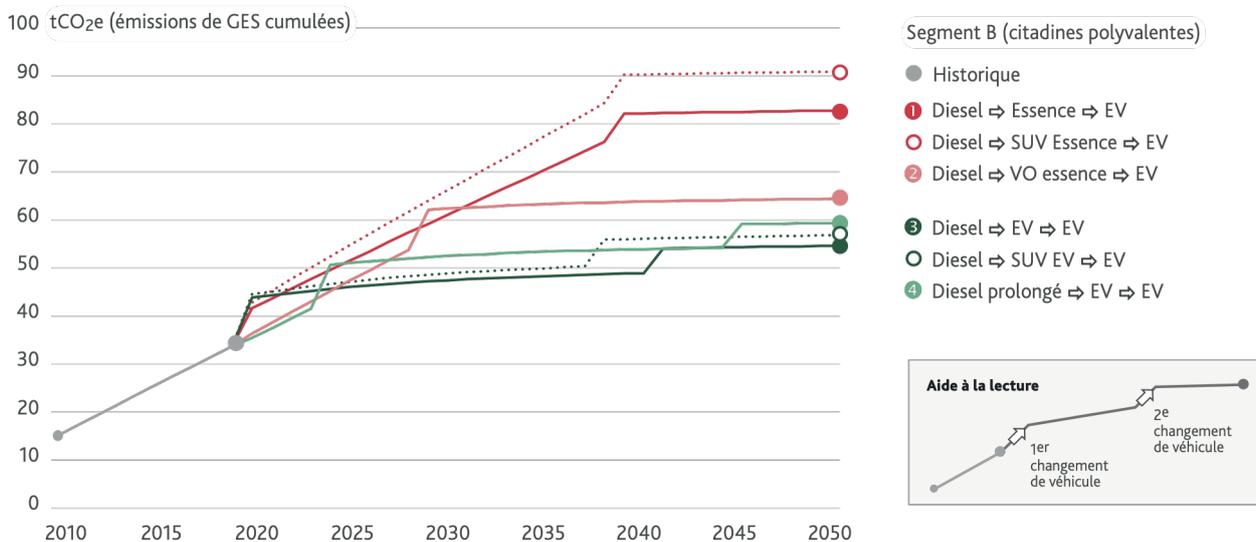
- Cette simulation n'intègre pas la possibilité de recourir à des carburants synthétiques permettant de décarboner l'usage de véhicules thermiques, considérant que cette solution ne pourra impliquer l'ensemble du parc de véhicule thermique pour des questions de temporalité de passage à l'échelle industrielle, de disponibilité en électricité décarbonée, et de prix à l'achat (qui restera prohibitif).
- Cette simulation n'intègre pas les potentiels de réduction offerts par leetrofit d'un véhicule thermique vers un véhicule électrique ; considérant que les conditions d'une industrialisation d'un tel processus sont aujourd'hui difficiles à réunir autrement que pour une part marginale du parc au travers d'un modèle économique viable. Cette option a en revanche un sens économique et environnemental certain pour des véhicules faibles à moyens rouleurs ayant subi une transformation importante et coûteuse et/ou présentant des typologies techniques spécifiques (véhicules utilitaires transformés, ambulances, cars scolaires, etc.).

SYNTHÈSE

Du point de vue strict des impacts climatiques, cette analyse montre l'intérêt dans la très grande majorité des cas du remplacement anticipé du parc de véhicules thermiques par des véhicules électriques neufs ou d'occasion. De ce point de vue donc, les ZFE-m qui ont été pensées et conçues pour réduire les impacts sanitaires présentent le co-bénéfice d'une réduction des émissions de gaz à effet.

Néanmoins, dans le débat légitime portant sur le ciblage des efforts et du rythme de mise en place des restrictions dans les ZFE-m, il pourrait paraître intéressant d'étendre ce raisonnement unitaire (porté sur un détenteur) de manière discrétisée au prorata de l'ensemble des segmentations et des ventes annuelles qui constituent *in fine* le parc de véhicules français. Une approche complémentaire permettrait d'alimenter les scénarios calendaires et de ciblage des aides à la conversion ou aux systèmes dérogatoires dans les ZFE-m pour une dynamique efficiente de renouvellement du parc compte tenu des usages/kilométrages et des types de véhicules (taille, poids, etc.) ou encore des catégories sociales et moyens des détenteurs. Cette logique pourrait conduire une priorisation/planification du besoin d'électrification en fonction des contraintes en ressources, en particulier des matériaux critiques pour la transition, et en recherchant l'équilibre entre impact maximisé et capacités financières réelles des détenteurs à effectuer des conversions. Les objectifs visés doivent être de minimiser les émissions de CO₂ et de polluants, tout en utilisant le plus efficacement possible les matières mobilisées par la transition. Rappelons que l'enjeu n'est pas tant de remplacer un parc que de maximiser la part des veh.km reposant sur un vecteur bas carbone, tout en limitant chaque fois que possible le nombre de km parcourus. Il s'agit donc durant la décennie à venir, (1) de réduire l'essor des SUV thermiques, (2) d'optimiser l'usage du matériel électrique existant qui possède le plus faible impact environnemental (parc qui

FIGURE 2. Scénario illustrant les émissions de GES cumulées en analyse de cycle de vie de différents chemins de détention de véhicule



Note d'explication : le détenteur renouvelle son véhicule thermique ancien dans un contexte de ZFE ou de la mise en place d'un lease social ; le graphique met en avant les émissions cumulées de gaz à effet de serre induits pour différents scénarios de renouvellement ; son véhicule détenu initialement est une citadine diesel d'une masse de 1 075 kg dont la première immatriculation a été effectuée en 2005. Puis, à partir de 2019, et 2023, différents chemins de détention sont simulés tels qu'explicités dans la légende à droite de la figure. Nous considérons en donnée d'entrée que le détenteur réalise une distance de 466 000 km entre 2010 et 2050 (soit 11 650 km/an), indépendamment du renouvellement de son véhicule. Les émissions à la fabrication des véhicules sont émises à la date d'achat de ces derniers. Les facteurs d'émission considérés sont estimés à l'échelle de l'Union européenne s'agissant de l'empreinte carbone de l'électricité utilisée pour le véhicule électrique et ils intègrent les évolutions

en termes de décarbonation du mix électrique et des carburants. Des progrès de décarbonation dans la fabrication des batteries et des véhicules neufs sont considérés à hauteur des annonces constructeurs (-35 % d'empreinte carbone pour les batteries en 2030 par rapport à 2019). Les véhicules considérés sont de segment B représentatif de la majorité du parc de véhicules en circulation en France (ce qui constitue une hypothèse plutôt conservatrice). Les courbes en pointillé témoignent de la sensibilité des scénarios compte tenu de la possibilité pour le consommateur de se diriger vers un véhicule de segment B-SUV. Le choix de privilégier le remplacement d'un véhicule thermique ancien diesel par un véhicule thermique d'occasion essence (scénario 2) se traduit, dans les considérations de calcul ici choisies, par un effacement des émissions à la fabrication que nous considérons portées par le premier détenteur du véhicule essence. Notons que, dans de nombreux cas, ce passage à la motorisation essence

risque d'augmenter les émissions de gaz à effet de serre au roulage par une consommation plus élevée du véhicule de l'ordre de 20 % (c'est le constat retenu dans la modélisation, ce qui se traduit par une non-superposition des courbes entre les scénarios 2 et 4 entre 2019 et 2023). Enfin, une hypothèse conservatrice réside dans le choix de considérer des véhicules thermiques à la consommation moyenne de 6l/100 km, représentative d'une citadine neuve essence en usage réel, même si de nombreux véhicules du parc présentent une consommation supérieure. Ce biais méthodologique n'est cependant pas de nature à remettre en cause les conclusions ci-dessus, mais, au contraire, à les renforcer. Remarquons qu'avec le report des émissions à la fabrication lors de l'électrification, les courbes d'émissions cumulées peuvent se croiser. Il est donc important de raisonner sur le moyen/long terme pour statuer sur la réduction effective d'émissions permise par l'électrification du parc.

se trouve être par chance celui au plus faible coût marginal à l'usage), (3) d'électrifier en priorité les véhicules à forte intensité d'usage.

Même si le passage à l'échelle de l'électrification pose aujourd'hui des questions associées à la disponibilité des matières premières (sujet sur lequel nous serons amenés à publier fin 2023), ce *Décryptage* sur les dynamiques de remplacement bat en brèche l'assertion de Toyota³ qui affirme que

du point de vue des émissions, il est préférable de produire de nombreux véhicules hybrides plutôt qu'une plus faible quantité de véhicules électriques. Sur ce point, l'analyse démontre que la question de fond réside bien dans le rythme et les usages prioritaires à électrifier plutôt que dans une remise en question d'un passage aux véhicules 100 % électriques, seuls véhicules qui permettent d'entrevoir à terme une sortie complète des carburants liquides fossiles.

³ <https://media.toyota.fr/la-strategie-multitechnologies-de-toyota-detaillee-par-gill-pratt-au-forum-economique-de-davos/>

Citation : Geffray, L.-P., (2023). Politiques de conversion anticipée du parc de véhicules thermiques en véhicules électriques : impacts climatiques, *Décryptage* N°03/23.

Ce travail a bénéficié d'un soutien du gouvernement français au titre du programme « Investissements d'avenir », administré par l'Agence nationale de la recherche (ANR) sous la référence ANR-10-LABX-14-01.

CONTACT

louis pierre.geffray@sciencespo.fr

Institut du développement durable
et des relations internationales
41, rue du Four – 75006 Paris – France

WWW.IDDRI.ORG

[@IDDRI_THINKTANK](https://twitter.com/IDDRI_THINKTANK)