

Octobre
2022

EXPERTISES



© 24K-Production/Shutterstock.com

LES AVIS DE L'ADEME

Voitures électriques et bornes de recharge

À retenir	2
Contexte et enjeux	4
Etat des connaissances concernant les véhicules et leurs impacts	4
Etat des connaissances concernant le réseau de bornes de recharge	7
Positionnement et préconisations ADEME concernant les véhicules et leur usage	7
Positionnement et préconisations ADEME concernant le réseau de bornes de recharge.....	9
Focus sur les hybrides rechargeables	9

Voitures électriques et bornes de recharge

À retenir

Le marché du véhicule particulier est en pleine transformation et entame une phase d'électrification massive. Si l'électrification du parc (actuellement constitué de près de 40 millions de véhicules en France) est l'un des leviers incontournables pour atteindre la neutralité carbone en 2050, elle n'est pas suffisante pour que cette transition soit pleinement efficace aux plans environnementaux, sociaux et économiques.

Favoriser les conditions d'un déploiement bénéfique pour le climat et l'environnement :

- Sur l'ensemble de sa durée de vie, une voiture électrique roulant en France, a un **impact carbone 2 à 3 fois inférieur** à celui d'un modèle similaire thermique, à **condition que sa batterie soit de capacité raisonnable** (< 60 kWh¹). Avec une batterie de taille supérieure, l'intérêt environnemental n'est pas garanti étant donné la variabilité des consommations liées à la masse du véhicule et à ses conditions d'utilisation.
- L'impact carbone d'un véhicule électrique augmente quasiment proportionnellement à son poids, lui-même fortement impacté par la capacité de stockage de sa batterie, qui dimensionne l'autonomie du véhicule selon sa consommation. **Il convient donc de choisir une batterie juste adaptée à l'usage majoritaire du véhicule** (typiquement le domicile-travail quotidien), en sélectionnant un modèle de véhicule le plus petit et léger possible, qui saura offrir l'autonomie la plus élevée à partir de cette capacité de batterie.
- L'augmentation de la capacité et de la performance des **usines de recyclage des batteries** en Europe est en enjeu clé pour la prochaine décennie. Toutefois, en raison de la taille croissante du marché et des limites du recyclage, la **sécurisation des approvisionnements** dans les métaux nécessaires à la fabrication des batteries (lithium, cobalt, nickel, graphite) devient également un sujet stratégique qui nécessite une concertation à l'échelle européenne.

Rendre le véhicule électrique accessible au plus grand nombre

- Sur sa durée de vie, le **coût complet d'un véhicule électrique doté d'une batterie d'environ 60 kWh est inférieur à celui d'un véhicule thermique comparable** dès aujourd'hui. A noter que le prix de revient en électricité pour réaliser 300 km est à l'heure actuelle d'environ 10€ en charge normale à domicile et de 40€ en charge rapide (pour 30€ environ en mode thermique).
- **Le développement du marché de l'occasion** (qu'il conviendra de structurer et fiabiliser) permettra d'améliorer sensiblement le coût global de possession tout en allongeant la durée de vie du véhicule et contribuera à l'adoption par le plus grand nombre de la mobilité électrique avec des véhicules plus accessibles.
- **L'émergence d'une offre de véhicules plus petits, plus sobres, plus abordables²** et adaptés au déplacement du quotidien est un enjeu fort pour une adoption massive des VE par le plus grand nombre.
- Si des **perspectives d'amélioration des process de fabrication des batteries** existent, permettant des baisses de coûts, l'augmentation actuelle des cours des matières premières retarde le moment où un véhicule électrique ne sera pas plus cher à l'achat qu'un véhicule thermique.

Limiter l'impact sur le réseau électrique et favoriser les énergies renouvelables

- Le développement actuel des infrastructures de recharge doit être poursuivi et renforcé car il constitue encore un frein à l'adoption du véhicule électrique. Mais **l'utilisation d'un VE nécessite également de revoir nos habitudes de recharge/ravitaillement actuelles par les énergies fossiles**. Recharger une batterie de 60 kWh en 2 minutes comme on refait le plein d'un véhicule thermique représenterait un appel de puissance de 1,8 MW électrique, soit l'équivalent de la puissance électrique moyenne appelée simultanément par 1500 foyers .

1 CE QUI PEUT PERMETTRE JUSQU'À 450 KM D'AUTONOMIE HOMOLOGUÉE SUR UNE BERLINE COMPACTE

2 L'ADEME A LANCÉ L'« XTRÊME DÉFI », VISANT LA CONCEPTION ET L'EXPÉRIMENTATION DE VÉHICULES 10 X PLUS LÉGERS, 10X MOINS PUISSANTS, 10X MOINS CHERS, ET 10X MOINS IMPACTANTS SUR L'ENVIRONNEMENT ([HTTPS://XD.ADEME.FR/](https://xd.ademe.fr/))

Voitures électriques et bornes de recharge

À retenir

- Les collectivités ont ainsi un rôle à jouer **pour planifier le déploiement d'infrastructures de recharge avec la bonne puissance au bon endroit**. Pour les déplacements du quotidien, il est nécessaire de favoriser le déploiement de la recharge à domicile (logements collectifs en particulier) et en entreprises, ainsi que le déploiement d'un réseau plus étendu de bornes de recharge simples et robustes de puissance "normale" notamment pour la recharge en ville et de nuit.
- Choisir le bon moment pour sa recharge et plus largement favoriser les techniques de pilotage de la recharge sont également des moyens d'améliorer le bilan carbone de son véhicule en **mobilisant plus d'électricité renouvelable et bas carbone**. Pour soulager le réseau électrique dans les zones urbaines et péri-urbaines, le déploiement de bornes associées à une production photovoltaïque (ombrière par exemple) est une solution à privilégier pour réduire l'impact réseau, le coût de recharge à terme, limiter l'artificialisation des sols liée au développement des énergies renouvelables et donner du sens à leur développement.

Le véhicule électrique intégré dans un écosystème de mobilité en pleine transition

- Actuellement, l'offre industrielle de véhicules électriques répond aux besoins du quotidien mais ne répond pas de manière satisfaisante aux besoins de grands déplacements. **Pour répondre aux besoins de forte autonomie, la technologie des hybrides rechargeables peut être pertinente de manière transitoire**, sous réserve que tous les trajets inférieurs à l'autonomie électrique du véhicule soient effectivement réalisés en mode "électrique pur", ce qui exige une pratique de recharge quotidienne systématique.
- Pour ces longues distances, d'autres solutions sont donc à étudier, comme par exemple un recours accru au train (dont il est nécessaire de renforcer l'offre et développer les services), le développement de services de véhicules adaptés sur les lieux touristiques et d'alternatives occasionnelles aux besoins ponctuels d'autonomie des véhicules électriques (de type «range extender», c'est-à-dire un prolongateur d'autonomie).
- A moyen terme, il conviendra également d'engager une **réflexion plus large sur le lissage de la demande de mobilité longue distance** (pour éviter par exemple les départs simultanés de plusieurs centaines de milliers de véhicules en période estivale), ce qui favoriserait l'innovation en matière d'offre de mobilité associée, et une utilisation optimisée des infrastructures.
- **Répliquer le modèle d'utilisation du véhicule thermique sur le véhicule électrique ne suffira donc pas**. Le déploiement de véhicules à forte autonomie (plus lourds et impactant en CO2) associés à des bornes de recharges hautes puissances pose de nombreuses questions : impact carbone, prix de l'énergie et des véhicules non accessibles à la majorité des ménages, renforcement du réseau électrique...
- Plus généralement, pour tous nos déplacements (quotidien et longue distance), **le véhicule électrique n'est pas neutre en carbone**, il convient donc de réinterroger la place de l'automobile dans nos déplacements (sobriété et report modal) et **faire du véhicule électrique une brique parmi une offre de services de mobilité plus large et diversifiée**.

CONTEXTE & ENJEUX

Le marché de la voiture particulière est en pleine transformation avec une échéance réglementaire contraignante sur les véhicules particuliers neufs (fin des ventes de véhicules particuliers thermiques en 2040 dans la loi d'Orientation des Mobilités avancée à 2035 par le Parlement Européen dans le cadre du paquet « FitFor55 »). Les politiques publiques européennes considèrent le déploiement massif du véhicule électrique particulier comme une étape indispensable pour l'atteinte de la neutralité carbone en 2050.

Le marché Français du véhicule électrique est par conséquent en très forte croissance, il s'est vendu près de 174 000 véhicules légers 100% électriques en 2021 contre 28 300 en 2016, soit une multiplication des ventes par plus de 6 en 5 ans, représentant aujourd'hui une part de marché de près de 12%. Le parc en juillet

2022 est estimé à 620 000 véhicules électriques en France, soit à peine 1,5% du parc roulant.

Au 31 juillet 2022, la France comptait 66 960 points de recharge ouverts au public (soit 99 points de charge pour 100 000 habitants en moyenne³), ce qui correspond à une évolution de + 49 % de leur nombre en un an.

L'électrification du parc automobile particulier contribue sans conteste à l'atteinte de la neutralité carbone en 2050 mais nécessite une attention particulière pour que ce déploiement se fasse en optimisant le gain environnemental, social et économique.

Cet AVIS a pour objectif de présenter l'état des connaissances sur les véhicules électriques et leurs usages et liste un certain nombre de préconisations de l'ADEME.

ETAT DES CONNAISSANCES CONCERNANT LES VÉHICULES ET LEURS IMPACTS

Impact carbone

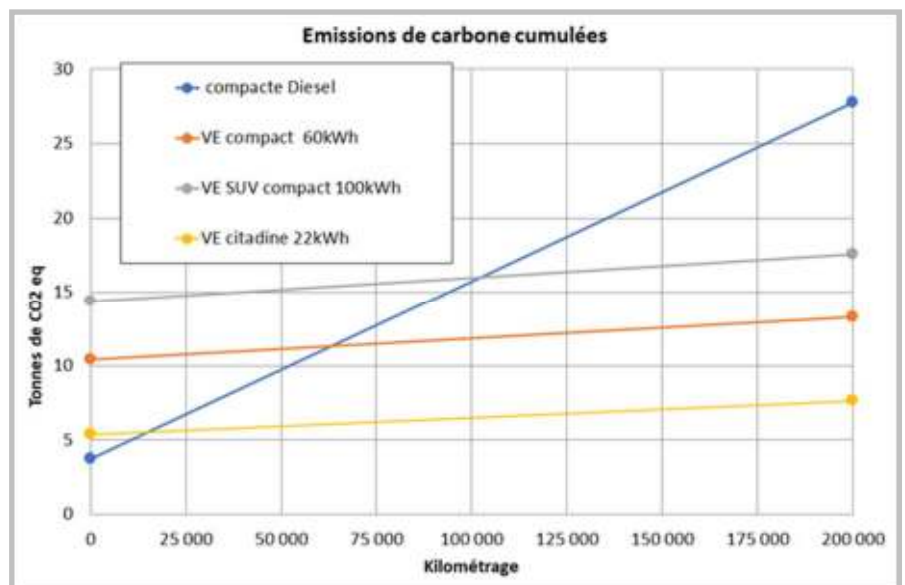
Le véhicule électrique est souvent l'objet de craintes ou de critiques relatives à son autonomie jugée trop faible. Pour un modèle donné, l'autonomie pourrait être augmentée par l'accroissement de la capacité de stockage de sa batterie, comme on augmenterait le volume de réservoir d'un modèle thermique. Toutefois, cette augmentation induit des effets négatifs multiples. La batterie est un composant dont le poids, le prix et l'impact carbone de production augmentent avec la capacité de stockage : c'est ce qui explique notamment les écarts de masse et de prix de vente entre véhicules électriques et thermiques. C'est également ce qui conduit à un impact carbone supérieur de la fabrication d'un véhicule électrique, comparé à un équivalent thermique : le véhicule électrique présente une "dette carbone à 0 km" par rapport au véhicule thermique (dans un facteur 2 à 3).

En revanche, la substitution des carburants fossiles (hydrocarbures) par l'électricité permet de réduire considérablement les émissions de carbone à l'usage (d'un facteur 10 pour une recharge à partir d'électricité à faible contenu carbone comme c'est le cas en France). Au fil des kilomètres, cet avantage permet d'abord de "rembourser" la dette carbone initiale comparée à son équivalent thermique, puis de réduire fortement les quantités de gaz à effet de serre générées par la conduite du véhicule.

Ainsi, sur l'ensemble de sa durée de vie, une voiture électrique roulant en France, a **un impact carbone 2 à 3 fois inférieur** à

celui d'un modèle similaire thermique, à condition que sa batterie soit de capacité raisonnable. Il convient de choisir un modèle aussi léger et efficace que possible, dont la consommation réduite permet une bonne exploitation de la capacité de batterie installée (typiquement < 60 kWh, ce qui peut permettre jusqu'à 450 km d'autonomie homologuée sur une berline compacte) plutôt qu'un véhicule peu efficace dont l'autonomie nécessite une grosse batterie (l'analyse du marché montre que la consommation électrique peut varier selon la taille et le poids des véhicules dans un facteur de 1 à 2,5).

En effet, **avec une batterie de taille supérieure, l'intérêt environnemental comparé à un véhicule thermique comparable n'est pas garanti** et beaucoup plus tardif.



³ SOURCE : AVERE

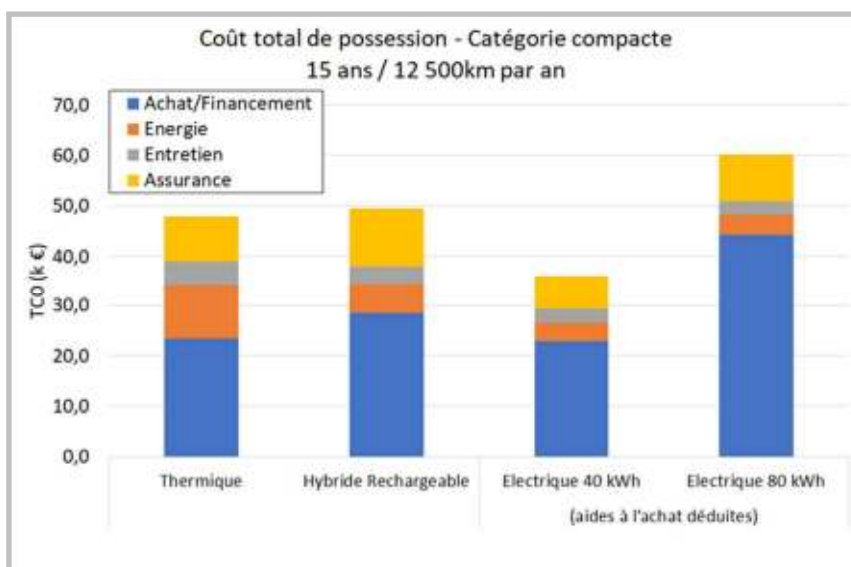
Impact "économique"

Sur toute sa durée de vie et malgré un coût d'investissement encore supérieur, le **coût complet d'un véhicule électrique rechargé à domicile est équivalent, voire inférieur à celui d'un véhicule thermique** dès aujourd'hui (cf figure ci-dessous, montrant que le coût complet sur 15 ans d'un véhicule électrique « Compact » avec une batterie de 40kWh est de 8000€ plus faible que son homologue essence). En revanche, pour un véhicule avec une batterie de taille supérieure (Electrique 80kWh), le surcoût d'investissement rend le coût complet défavorable.

Le coût d'investissement d'un véhicule électrique pourrait, selon les industriels, baisser jusqu'au même niveau que celui d'un véhicule thermique d'autonomie comparable, et atteindre cette « parité » des coûts d'investissement entre 2025 et 2030 ; cette date est toutefois très dépendante des évolutions des coûts de la batterie sur lequel beaucoup d'incertitudes subsistent. Il convient également de noter que le coût de la recharge est très dépendant du lieu de recharge et de sa puissance. A titre d'illustration et en ordre de grandeur : le prix de revient en électricité pour réaliser 300km est à l'heure actuelle d'environ 10€ en charge normale (à domicile) et de

40€ en charge rapide (pour 30€ environ en mode thermique).

Le coût complet est également influencé par la consommation électrique au 100km du véhicule. L'analyse du marché montre que pour un usage donné, la consommation électrique peut varier dans un rapport de 1 à 2.5 selon la taille et le poids du modèle, ce qui souligne l'importance du choix d'un véhicule adapté à son propre besoin (une faible consommation permet une autonomie supérieure) et privilégier les véhicules légers.



Enjeux de la réutilisation et du recyclage des batteries

Une batterie de véhicule électrique est considérée en "fin de vie mobilité" lorsque son vieillissement a réduit sa capacité de stockage initiale de 20 à 30%. Cependant, elle reste utilisable pour des usages moins exigeants en termes de densité d'énergie, par exemple en stockage stationnaire, sous réserve que ce réemploi ne nécessite pas d'opération trop coûteuse qui la rendrait économiquement non compétitive. Des premières expériences sont engagées (par exemple par Renault dans le cadre de sa ReFactory), qui permettront d'évaluer la compétitivité économique de cette solution par rapport à des batteries stationnaires neuves.

Lorsqu'elle n'est plus fonctionnelle, la batterie est traitée dans la filière industrielle de recyclage, soumise à la Directive Européenne 2006/66/CE "Piles et Accumulateurs", qui exige au moins 50% de rendement de recyclage pour les batteries Lithium (le taux moyen constaté est de l'ordre de 60%). Néanmoins, la quantité actuelle de batteries automobiles à recycler reste assez faible puisque le marché de la voiture électrique n'a réellement

décollé qu'en 2020 avec une croissance marquée : les quantités de matières recyclées sont marginales en regard des besoins de la filière de fabrication de batteries. En 2019, les entreprises françaises de recyclage étaient capables de recycler 5 000 tonnes de batterie par an, et l'ensemble des acteurs européens entre 15 000 et 20 000 tonnes. D'ici à 2027, Il faudra que l'Europe multiplie sa capacité de traitement par trois⁵.

Cette directive Européenne est en cours de révision dans une logique d'économie circulaire, qui va proposer à la fois une augmentation de l'objectif de recyclage (de l'ordre de 70% en masse en 2030), mais également l'introduction d'un objectif ambitieux de taux de récupération de 4 métaux d'ici au 1er janvier 2026 : 90% pour le nickel, le cobalt et le cuivre et 35% pour le lithium. Ces chiffres font encore l'objet de discussions, compte tenu des verrous technologiques qui sont à lever pour garantir leur atteinte (notamment la récupération du lithium et l'atteinte du niveau de pureté suffisant pour la réutilisation en batterie) à

⁴ HYPOTHÈSES : 61CT€/KWH CHARGE 150KW ; 15CT€/KWH CHARGE À DOMICILE ; 1,80€/L DE GAZOLE

⁵ SELON ESTIMATIONS DU COMITÉ STRATÉGIQUE DE FILIÈRE (CSF) MINES ET MÉTALLURGIE SUR LE DÉVELOPPEMENT D'UNE FILIÈRE INTÉGRÉE DE RECYCLAGE DE BATTERIE LITHIUM

des coûts et sur des volumes industriellement accessibles.

En complément, il est envisagé d'introduire à partir de 2030 une obligation pour les fabricants de précurseurs (éléments métalliques servant de base à la fabrication des cathodes de cellules) de réintégrer une partie de matières premières secondaires (cobalt, lithium et nickel recyclés) dans leur processus de fabrication.

Ces contraintes visent un bénéfice environnemental (par la réduction du besoin de matières premières "primaires") mais également économique et industriel, par l'alimentation "en boucle fermée" de la fabrication de nouvelles batteries avec des matériaux issus du recyclage d'anciennes batteries.

Toutefois, la croissance prévisible du marché du véhicule électrique nécessitera encore une

augmentation de l'extraction de métaux, dont les impacts environnementaux et les enjeux stratégiques pour la filière restent cruciaux à maîtriser. Les scénarios ADEME Transition(s) 2050 prévoient par exemple entre +300% et +800% de besoins en lithium par rapport à 2020 pour la mobilité légère. La création en France de 3 usines de production de batteries en grands volumes ("gigafactories") ne réduira pas notre dépendance à des états tiers vis-à-vis de ces matières premières (lithium, cobalt, nickel, graphite). La sécurisation des approvisionnements devient donc un sujet stratégique qui nécessite une concertation à l'échelle européenne et qui prône globalement une limitation des capacités batteries aux besoins réels des usagers et le recours massif à la réutilisation et au recyclage.

Impact "efficacité énergétique"

Grâce à un rendement global élevé de la chaîne de traction, le véhicule électrique est meilleur que le véhicule thermique en termes d'efficacité énergétique finale : ce rendement, rapporté à l'énergie primaire est ramené à près de 33% pour le véhicule électrique, contre moins de 20% en usage réel pour les véhicules thermiques.

De plus, le rendement de la chaîne de traction électrique étant très stable en fonction de la puissance appelée, la consommation du véhicule électrique (et donc son autonomie) bénéficie

d'avantage de l'écoconduite que le véhicule thermique, dont le mauvais rendement à faible puissance efface une partie des bénéfices.

Enfin, la chaîne de traction électrique étant réversible (recharge de la batterie en décélération et au freinage), elle permet de réduire les pertes énergétiques induites par le freinage. Cette fonctionnalité typique du véhicule électrique réduit sa consommation jusqu'à 20% (selon le type de trajet et le style de conduite).

Impacts sanitaires

Le déploiement du véhicule électrique est globalement **cohérent avec l'objectif de limitation des impacts sanitaires** liés à l'usage de l'automobile et la mise en place des ZFE : le véhicule électrique n'émet, par définition, aucun polluant d'échappement (dont les oxydes d'azote NOx qui sont encore problématiques dans plusieurs métropoles Françaises). Le véhicule électrique présente également l'avantage d'être silencieux à basse vitesse (<30 km/h, au-delà, c'est le bruit du contact pneu-route qui est prépondérant), réduisant ainsi une des principales nuisances urbaines.

Néanmoins, tous les véhicules routiers émettent des particules « hors échappement » résultant de l'usure des pneus, des plaquettes de frein et du

revêtement routier. A cet égard, le véhicule électrique a pour lui l'avantage du freinage régénératif (qui peut réduire sensiblement l'usure des plaquettes de freins), mais il est généralement plus lourd que son équivalent thermique, ce qui augmente l'abrasion des pneus, qui serait responsable, tout véhicule confondu, de 28% des microparticules déversées dans l'océan chaque année (IUCN 2017) : l'électrification des automobiles n'en supprime donc pas toutes les nuisances⁶. Il reste crucial d'interroger la pertinence du recours à l'automobile même lorsqu'elle est électrique : le vélo ou les transports collectifs offrent aussi de nombreux avantages en terme sanitaires et environnemental, en centre-ville notamment.

Evolution prospective de ces impacts

La baisse de l'impact Gaz à effet de serre des batteries et de leur coût de fabrication sont des leviers importants d'une électrification du parc pertinente en terme environnemental et économique. Actuellement, la filière industrielle

des batteries envisage de diviser par 3 les émissions de CO₂ générées par leur fabrication en 2050⁷ en relocalisant en Europe la fabrication des cellules (anodes et cathodes), sans pour autant justifier de la faisabilité de toutes les étapes techniques per-

⁶ AINSI ON NE NOTE PAS UN ÉCART SIGNIFICATIF D'ÉMISSIONS TOTALES DE PARTICULES ENTRE LES VÉHICULES ÉLECTRIQUES À FORTE AUTONOMIE ET LES VÉHICULES THERMIQUES NEUFS ACTUELS QUI N'ÉMETTENT QU'ASIMPTOTIQUEMENT PLUS DE PARTICULES À L'ÉCHAPPEMENT (RAPPORT ADEME – AVRIL 2022 - [HTTPS://LIBRAIRIE.ADEME.FR/AIR-ET-BRUIT/5384-EMISSIONS-DES-VEHICULES-ROUTIERS-LES-PARTICULES-HORS-ECHAPPEMENT.HTML](https://librairie.ademe.fr/air-et-bruit/5384-emissions-des-vehicules-routiers-les-particules-hors-echappement.html))

⁷ D'ENVIRON 100 KGCO₂/KWH À 30 KGCO₂/KWH

-mettant ce gain (il n'est notamment pas possible de relocaliser l'extraction des matières premières minérales, et pas envisagé industriellement de ramener en France la synthèse des précurseurs / poudres actives). Cette amélioration s'accompagnera certainement d'une augmentation de densité énergétique, permettant une baisse de masse pour une capacité donnée au bénéfice de la consommation du véhicule (moins lourd).

D'un point de vue économique, la parité du coût d'investissement entre thermique et électrique reposant sur un prix de batterie réduit de 25% en 2025

et 50% en 2030, par rapport à aujourd'hui, est une perspective qui s'éloigne compte tenu du contexte mondial actuel⁹. Les feuilles de route industrielles publiées par les acteurs de la filière décrivent majoritairement une évolution incrémentale (évolution de la chimie interne, utilisation d'électricité bas carbone pour le process d'assemblage, sélection de fournisseurs et de matières premières à impact environnemental réduit) mais pas ou peu de rupture technologique.

ETAT DES CONNAISSANCES CONCERNANT LE RÉSEAU DE BORNES DE RECHARGE

En France métropolitaine, le réseau de bornes de recharge compte au 1^{er} septembre 2022, 69 428 points de recharge ouverts au public, soit une moyenne de 1 point de recharge pour 1 000 habitants ou 1 point de charge pour 14 véhicules. 91% de ces points de charge sont de puissance inférieure à 22kW, près des deux tiers sont situés en voirie ou en parking public. Les recharges se font majoritairement à domicile mais dans des proportions différentes en fonction du type d'habitat (90% pour les habitants de maison individuelle contre 54% en immeuble collectif) avec un rythme de l'ordre de 1 à 3 fois par semaine dans plus de 50% des cas⁹.

Même si ce réseau présente un taux de croissance important (+49% en un an), le manque « perçu » de bornes de recharge sur le territoire reste un frein majeur au déploiement de l'électromobilité.

L'utilisation d'un VE nécessite de revoir nos habitudes de recharge actuelle par rapport aux carburants fossiles. Recharger une batterie de 60 kWh en 2 minutes comme on refait le plein d'un véhicule thermique représenterait un appel de puissance de 1,8 MW électrique, soit l'équivalent de la puissance électrique moyenne appelée simultanément par 1500 foyers¹⁰. A noter également que les prix de recharge sont différents selon la puissance électrique disponible à la borne. Aujourd'hui, les prix plus élevés des recharges ultra rapides sur autoroute créent une inégalité d'accès à la recharge rapide, qui n'existe pas sur les carburants conventionnels. Les prix de vente au kWh sur bornes de recharge ultra rapides sont de 3 à 4 fois plus élevés qu'à son domicile.

POSITIONNEMENT ET PRÉCONISATIONS ADEME CONCERNANT LES VÉHICULES ET LEUR USAGE

Pour atteindre la neutralité carbone en 2050 tout en limitant les autres impacts environnementaux, électrifier le parc des véhicules est nécessaire mais ne sera pas suffisant. Il est nécessaire de travailler les 3 axes suivants :

1. D'abord, les changements de comportements et la sobriété pour réduire les besoins de déplacement (promotion du tourisme local, télétravail, ...)
2. Ensuite le report modal vers d'autres moyens de mobilité moins impactant que l'automobile particulière (vélo, marche, transport en commun, covoiturage, autopartage, véhicules intermédiaires¹¹...)

3. Enfin, l'amélioration des technologies (à la fois la chaîne de traction électrique, mais aussi la base roulante du véhicule : masse, dimensions, pour réduire son besoin en énergie), et l'optimisation de leur usage : compte tenu de l'impact carbone de la production du VE, il est souhaitable qu'il soit utilisé de manière intensive afin de garantir un amortissement rapide de sa dette carbone de fabrication, plutôt qu'occasionnellement.

⁹ ENQUÊTE ENEDIS FÉVRIER 2021 : UTILISATION ET RECHARGE : ENQUÊTE COMPORTEMENTALE AUPRÈS DES POSSEUSSEURS DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES

¹⁰ HYPOTHÈSE : ABONNEMENT DE 6KVA PAR FOYER

¹¹ VOIR LE PROJET EXTRÊME DÉFI : [HTTPS://XD.ADEME.FR/](https://xd.ademe.fr/)

Pour compléter la démarche, l'allègement **et la réduction du gabarit des voitures** vendues, dont l'analyse du marché montre la constante augmentation (les SUV sont les véhicules les plus vendus), ne sont pas que des leviers technologiques : c'est aussi par le choix de modèles adaptés au plus juste du besoin, que le véhicule électrique pourra apporter une contribution optimale à la décarbonation de la mobilité.

Comme de nombreuses technologies nouvelles de propulsion, l'électrification est apparue sur le marché automobile d'abord « par le haut de gamme », et donc sur des véhicules gros, lourds, à fort niveau d'équipements de confort et à hautes performances dynamiques (ces véhicules à marge commerciale supérieure facilitent l'amortissement des surcoûts induits par l'innovation et des cadences initiales réduites).

La diffusion de la traction électrique sur des véhicules plus petits, plus sobres et plus abordables, souligne les avantages environnementaux, économiques et énergétiques de la solution. La moindre consommation électrique d'un véhicule léger et plus petit (plus aérodynamique) permet une réduction de la capacité batterie et donc de son impact de production, sans sacrifice sur les performances au quotidien.

Ce raisonnement a d'ailleurs conduit l'ADEME à lancer l'« **eXtrême Défi** », visant la conception, l'expérimentation et l'industrialisation de véhicules 10 x plus légers, 10x moins puissants, 10x moins chers, et 10x moins impactants sur l'environnement.

Le choix du VE est dès aujourd'hui adapté pour les **usages quotidiens du type domicile-travail**, et ces usages sont satisfaits par la plupart des véhicules du marché avec des différences notables d'impact environnemental selon les modèles : impact carbone amorti avant 20 000km pour une citadine avec une batterie de 22 kWh (de type Twingo ZE ou Dacia Spring), aux environs de 70 000 km pour une compacte avec 60kWh, voire plus de 100 000km pour un gros véhicule équipé d'une batterie de 100kWh (en France).

Concernant les activités/usages entraînant les **grands déplacements** (tels que les chassés croisés liés notamment aux périodes de congés et de locations des résidences de vacances), l'offre VE / borne de recharge n'est pas encore développée. En particulier, le modèle d'un déploiement de véhicules à forte autonomie (et donc plus lourds et impactant en CO2) associés à des bornes de recharges hautes puissances pose de nombreuses questions (impact carbone, prix de l'énergie et des véhicules non accessibles à la majorité des

ménages, renforcement du réseau électrique...). Les solutions ne résident donc pas uniquement dans une solution centrée sur le véhicule électrique et nécessitent **d'engager des actions de renforcement de la transition de l'écosystème de la mobilité**. Pour ces longues distances, des solutions pourraient être rapidement étudiées : recourir au train, (dont il est nécessaire de renforcer l'offre et développer les services), ou organiser un service de véhicules adaptés sur les lieux touristiques, ou encore construire des alternatives occasionnelles aux grosses batteries installées dans les voitures (de type « range extender » / prolongateur d'autonomie).

Il est évident qu'en fonction de sa situation, l'adoption de ces alternatives ne sera pas du même niveau. Un citoyen célibataire aura plus de facilités à intégrer le train ou un trajet en co-voiturage qu'une famille avec 3 enfants pour un départ en congé estival¹³.

A moyen terme, il conviendrait d'engager une **réflexion plus large sur le lissage de la demande de mobilité longue distance**, ce qui favoriserait l'innovation en matière d'offre de mobilité associée et une utilisation optimisée des infrastructures.

Le développement du marché de l'occasion est un enjeu majeur du déploiement du véhicule électrique, afin de faciliter leur appropriation par le plus grand nombre. En complément, le retrofit des véhicules thermiques en électrique présente un atout environnemental à ne pas négliger.

Le marché de l'occasion est en pleine évolution, avec un marché multiplié par 2 en un an et estimé à environ 4 000 ventes / an (véhicules 100% électriques). C'est l'état de la batterie qui détermine la valeur résiduelle du véhicule. Une batterie est en général garantie 8 ans pour environ 1 000 à 1 500 cycles de recharge, soit entre 200 000 et 500 000 km environ, selon l'utilisation de la voiture. Pour un véhicule roulant 20 000 km par an, la batterie peut donc durer entre 10 et 15 ans, il ne sera pas nécessaire de la changer.

Des dispositifs permettant de caractériser de manière objective l'état réel de la batterie (état de santé : « state of Health ») sont à imposer afin de pouvoir comparer objectivement les différents véhicules et leurs autonomies résiduelles. Ils permettront de rassurer l'acquéreur au moment de l'achat. Des offres de financement dédiées au marché de l'occasion pourront ainsi voir le jour et adresser un public le plus large possible.

¹³ UNE ENQUÊTE SOCIOLOGIQUE CONDUITE PAR L'ADEME FOURNIRA D'ICI À LA FIN D'ANNÉE 2022 LA PROPENSION DE CES DIFFÉRENTES CATÉGORIES D'USAGERS À ADOPTER DE NOUVELLES MOBILITÉS ET LA PLACE QUE LE VÉHICULE POURRAIT Y OCCUPER.

POSITIONNEMENT ET PRÉCONISATIONS ADEME CONCERNANT LE RÉSEAU DE BORNES DE RECHARGE

Préférer un réseau diffus : La recharge à haute puissance est de nature à rassurer les utilisateurs, en augmentant la faisabilité apparente des grands trajets. Toutefois, elle ne doit pas devenir la norme compte tenu de ses impacts : d'une part les véhicules acceptant la recharge à forte puissance sont nécessairement plus coûteux (technologies de chargeur embarqué différente, voire évolutions des technologies de refroidissement batterie) et elle induirait un risque de promotion de véhicules et batteries surdimensionnés. D'autre part, le prix moyen d'une recharge s'en trouverait également augmenté. **Il est nécessaire de favoriser la recharge à domicile et en entreprises et le déploiement d'un réseau étendu de bornes de recharge simples et robustes de puissance « normale ».**

Généraliser la recharge à très forte puissance (jusqu'à 350 kW pour les véhicules légers¹⁴) au détriment du foisonnement de points de charge de puissance normale conduirait donc à rendre l'accès à l'électromobilité plus cher (tant sur le prix des véhicules et des recharges). Démocratiser la voiture électrique passe par un maillage de recharge équilibré et accessible à tous. La prise en charge par les collectivités des Schémas Directeurs D'infrastructures de Recharge est une étape cruciale pour le déploiement concerté et adapté aux besoins de ce réseau de bornes tout en limitant les coûts économiques et environnementaux du déploiement d'infrastructures réseau pour absorber ces appels de puissance.

Développer les solutions de pilotage et de flexibilité de la recharge est une action à encourager. Le pilotage de la recharge présente, sur le plan technique, un intérêt évident pour répartir ces recharges et éviter un accroissement de la pointe du soir. L'impact sur les émissions de GES d'un pilotage généralisé de la recharge est très net : un gain de 5 MtCO₂eq par an est à la clé¹⁵. L'effet qu'il peut induire sur le développement des énergies renouvelables en autoconsommation est positif : dans l'objectif de limiter l'impact de la recharge

du véhicule sur le réseau, il est possible d'apporter une partie de l'électricité nécessaire à la charge via une autoproduction et/ou une batterie stationnaire, que ce soit pour une borne privée ou publique. Enfin, le pilotage de la recharge constitue également un levier significatif de maîtrise de la facture de l'utilisateur : le développement d'offres de marchés spécifiques : laisser branchée sa voiture et mettre à disposition du réseau sa batterie aura une valeur marchande, même si des interrogations subsistent sur l'impact sur la durée de vie de la batterie. Rien qu'en utilisant des modes simples de gestion de la recharge, un bénéfice de plusieurs dizaines d'euros par an est atteignable en programmant la recharge sur les plages tarifaires les plus avantageuses.

Privilégier le déploiement de bornes de recharges associées à des ombrières photovoltaïques apporte même plusieurs avantages : limiter voire éviter les coûts d'adaptation du réseau électrique tout en permettant l'implantation de bornes de puissance plus élevées dans des lieux à forts transits le nécessitant, limiter l'artificialisation des sols nécessaire pour l'installation de centrales photovoltaïques au sol, et accroître le confort et la qualité de service pour l'utilisateur (ombre).

Ainsi, par ses choix, l'utilisateur d'un VE peut contribuer à limiter l'impact sur le réseau électrique, mais aussi l'impact environnemental de son véhicule et contribuer ainsi au déploiement des énergies renouvelables. L'utilisateur peut avoir un impact positif en optant pour un dimensionnement de son véhicule et de son installation de recharge au plus proche de ses besoins quotidiens. Privilégier une recharge normale (<7,4kW) et une batterie capable de couvrir l'autonomie nécessaire à ses trajets réguliers permet de limiter les investissements sur le réseau ainsi que le coût matière et environnemental de la batterie de son véhicule.

FOCUS sur les hybrides rechargeables

A court terme, pour répondre à d'éventuels besoins de forte autonomie, et en attendant le déploiement d'offres de mobilité à grande distance telles qu'évoquées plus haut, la technologie des **hybrides rechargeables peut être pertinente en matière de transition écologique**. Cette pertinence est toutefois conditionnée par le fait que tous les trajets inférieurs à l'autonomie électrique du véhicule soient effectivement réalisés en mode « électrique » pur, ce qui implique une recharge quotidienne de la batterie.

Cette autonomie est généralement supérieure à 50km et permet effectivement d'assurer une part importante de trajets du quotidien en mode "tout électrique".

On observe toutefois que le marché des hybrides rechargeables s'est majoritairement orienté vers des modèles considérablement plus lourds et encombrants que la moyenne des ventes, les rendant fortement émetteurs de CO₂ en mode hybride (quand leur batterie est déchargée), et incompatibles avec le principe d'une optimisation de consommation énergétique. Cette technologie restant émettrice de gaz à effet de serre sera interdite à la vente à l'horizon 2035 ou 2040 (selon les arbitrages autour de "fit for 55").

14 L'UE QUI PRÉCONISE LA CRÉATION D'UN RÉSEAU DE BORNES 350 kW POUR PERMETTRE LE DÉVELOPPEMENT D'UN SECTEUR ÉLECTRIQUE PLOIS LOURDS VIA LE RÈGLEMENT SUR LES INFRASTRUCTURES POUR CARBURANTS ALTERNATIFS (AFIR)

15 SOURCE RTE : [HTTPS://WWW.RTE-FRANCE.COM/ACTUALITES/DEVELOPPEMENT-DU-VEHICULE-ELECTRIQUE-ET-SYSTEME-ELECTRIQUE-UNE-FAISABILITE-SEREINE-ET](https://www.rte-france.com/actualites/developpement-du-vehicule-electrique-et-systeme-electrique-une-faisabilite-sereine-et)

POUR EN SAVOIR PLUS

- Etude E4T 2040 réalisé par l'IFPEN en partenariat avec l'ADEME : https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/sites/ifpen.fr/files/inline-images/NEWSROOM/Communiqu%C3%A9s%20de%20presse/E4T2040_2022_FR_PaP.pdf
- Rapport ADEME sur le retrofit électrique : transformation d'un véhicule thermique d'occasion en véhicule électrique par le changement de sa motorisation et l'ajout d'un pack de batterie : <https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/4590-etude-retrofit.html>
- eXtrême défi de l'ADEME, <https://xd.ademe.fr/>