



L'association Equilibre des Energies (EdEn) rassemble des entreprises et des associations représentatives des mondes du bâtiment, de l'énergie et de la mobilité, qui ont décidé de travailler ensemble pour promouvoir des réponses rationnelles aux questions qui se posent en matière de transition énergétique.

La **mobilité propre** fait l'objet de travaux approfondis au sein de l'association. C'est un impératif urgent, difficile à satisfaire, qui implique la mobilisation de formes d'action multiples visant à organiser de façon rationnelle les besoins et à y répondre par des solutions décarbonées.

Sans négliger des solutions alternatives telles que l'utilisation de l'hydrogène, EdEn pense que la mobilité électrique à batteries est aujourd'hui la mieux à même de répondre au défi posé.

Le présent cahier traite de son application aux véhicules légers, sans oublier son application possible aux deux-roues et aux poids lourds.

## 4 MILLIONS DE VEHICULES ELECTRIQUES EN 2028 : POURQUOI ET COMMENT ?

### LE SECTEUR DES TRANSPORTS APPELE UNE REACTION URGENTE ET MASSIVE

La consommation finale d'énergie du secteur des transports est stable en France, aux environs de 43,8 Mtep. Les produits pétroliers y occupent une place très majoritaire qui ne décroît que très faiblement avec le temps (figure 1). Cette évolution se retrouve au niveau des émissions de GES : le transport est le plus gros contributeur des émissions de gaz à effet de serre en France (30 %) et le volume de ses émissions a tendance à repartir à la hausse (figure 2).

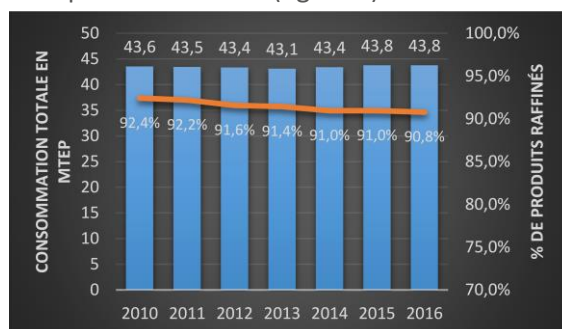


Figure 1 : Evolution de la consommation finale totale du secteur Transport et de la part des produits raffinés – Source : SDES

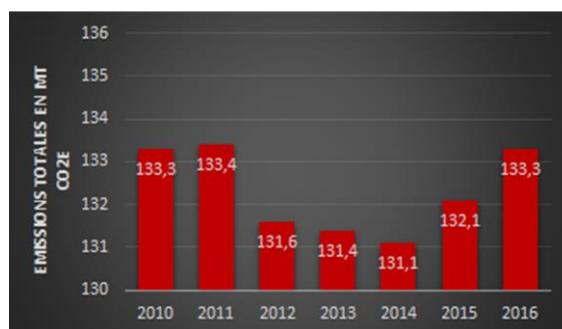


Figure 2 : Evolution des émissions de GES du secteur Transport (hors biomasse) – Source : Citepa.

L'évolution du secteur est ainsi très éloignée des objectifs de la LTECV et de la stratégie bas carbone. La consommation des véhicules à moteurs thermiques diminue mais à un rythme trop lent pour permettre d'atteindre les objectifs visés. Au rythme actuel, il faudrait 50 ans pour amener la consommation moyenne à 2 l/100 km.

**C'est un retournement complet de stratégie qu'il faut envisager, principalement sur le transport routier, responsable de plus de 95 % des émissions.**

## LES BESOINS DE MOBILITE SONT AMENES A CROITRE

La DGEC estime que les besoins de mobilité croîtront, d'ici 2050, de 30 % pour le trafic voyageurs. La recherche d'une mobilité propre doit y répondre par des moyens vertueux pour l'environnement. Pour cela, il faut bien entendu encourager le développement de nouvelles approches : développement de la marche, du vélo, du covoiturage et de l'auto-partage. Cependant il serait imprudent de considérer que ces formes alternatives puissent se traduire par une diminution du parc de véhicules en circulation qui croît régulièrement et a atteint, au 1er janvier 2017, 39,1 millions de véhicules (+1,2 % par rapport à 2016) dont 32,4 millions de voitures particulières et 6,0 millions de véhicules utilitaires légers. Il paraît justifié de raisonner sur un parc supposé stable avec un parcours moyen annuel également constant (13 300 km/an).

## LA MOBILITE ELECTRIQUE APPORTE AUJOURD'HUI UNE REPOSE A GRANDE ECHELLE

Pendant longtemps, le développement du VE a été bridé par la masse et par le coût excessif des batteries et donc par l'autonomie insuffisante des véhicules. Au cours des dernières années, des progrès importants ont été réalisés sur la capacité massique des batteries Li-ion qui dépassent à présent à présent, en cellules, 150 Wh/kg (cinq fois la capacité des batteries au plomb) avec des perspectives d'amélioration substantielles dans les prochaines années. Ceci a rendu possible l'équipement de berlines de haut de gamme offrant une autonomie de 400 km environ avec 80 kWh de batteries embarquées. A horizon 2019-20, une large gamme de citadines va apparaître sur le marché, dotées de batteries de 50 à 60 kWh et offrant une autonomie réelle de 300 km environ. **Le problème de l'autonomie, longtemps considéré comme l'obstacle majeur au développement du VE, ne constituera alors plus un verrou.**

Dans le même temps, le prix des batteries Li-ion a été divisé par 4 depuis 2010 avec des perspectives d'évolution des prix qui rappellent celle des écrans

plats et des panneaux PV (figure 3). Cette évolution est due au progrès technique et à l'ouverture du marché dans les pays asiatiques, où la mobilité électrique est apparue comme la solution la plus efficace pour lutter contre la pollution atmosphérique des grandes métropoles.

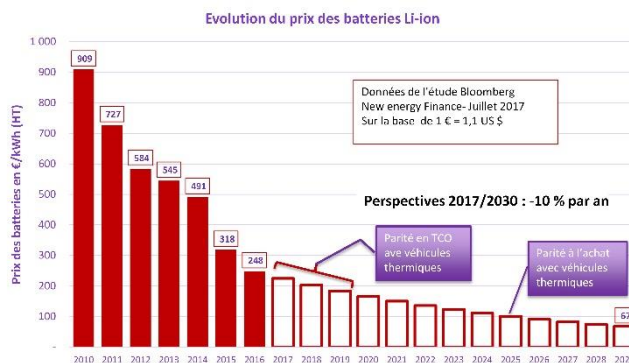


Figure 3 : Evolution du prix des batteries li-ion – Données Bloomberg New energy Finance de juillet 2017.

Il faut aussi mentionner l'impact des règles communautaires imposant aux constructeurs automobiles un plafond d'émissions moyennes de 95 g de CO<sub>2</sub>/km à échéance 2021, avec une perspective de durcissement de la réglementation de 30 % à horizon 2030 et la menace de pénalités très élevées. Ceci amène les constructeurs à investir massivement dans la mobilité électrique.

Dans le même temps, les usagers réalisent que le VE est un point de passage naturel vers le véhicule autonome et connecté et se font à l'idée que les véhicules à moteur thermique seront effectivement interdits à la vente à partir de 2040.

## QUELS AVANTAGES PEUT-ON TIRER DE LA MOBILITE ELECTRIQUE ?

Une fenêtre de développement jamais rencontrée dans le passé s'offre aujourd'hui à la mobilité électrique. Il convient cependant de faire un bilan de ses avantages et de ses inconvénients énergétiques et environnementaux.

Carbone 4 a réalisé en 2017 une étude très complète pour le compte de la Fondation de la nature et l'homme et de l'European Climate Foundation. Cette étude a analysé sous différents aspects, et sur l'ensemble du cycle de vie, les impacts

environnementaux et climatiques des véhicules électriques, hybrides rechargeables et thermiques sur l'ensemble de leur cycle de vie. S'agissant du climat, elle conclut qu'aujourd'hui, les citadines et les berlines électriques chargées en France, ont une contribution au changement climatique 2 à 3 fois inférieure à celle des véhicules thermiques et que ces conclusions demeurent dans une projection 2030 conforme à la LTECV (figure 4).

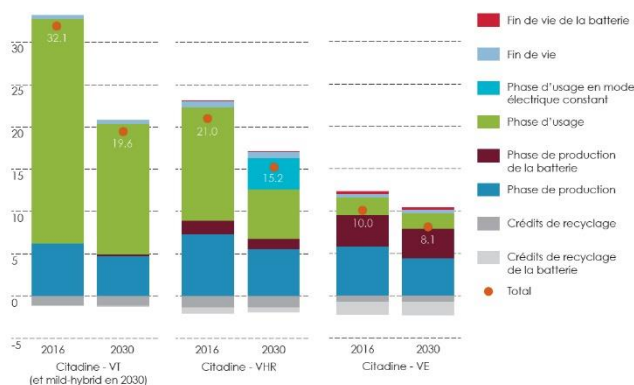


Figure 4 : Bilan climatique comparé (en t de CO<sub>2</sub>) de citadines à motorisation thermique (VT), hybride rechargeable (VHR) et électrique (VE) – Source : Carbone 4 (2017).

Ces conclusions supposent un mix électrique fortement décarboné, ce qui est le cas en France. Cependant elles restent valables au niveau de la plaque électrique européenne comme le montrent les résultats de l'étude publiée en février 2018 par l'ICCT (figure 5). Le bilan au niveau européen est largement positif par rapport au véhicule thermique et destiné à s'améliorer du fait de la décarbonation prévue du mix électrique, de l'amélioration des performances des batteries et de l'organisation de leur recyclage.

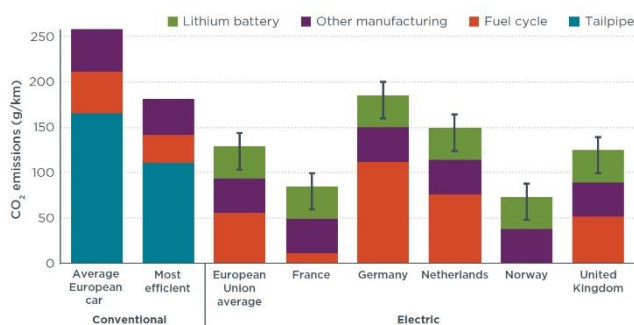


Figure 5 : Bilan climatique comparé (en g de CO<sub>2</sub> par km) des véhicules à motorisation thermique et électrique dans différents pays européens – Source : ICCT (2018).

Ces études mettent l'accent sur le problème des batteries dont il faudra s'assurer des caractéristiques environnementales par un label approprié et organiser le recyclage.

La recharge des véhicules électriques devra être pilotée, comme le sont encore aujourd'hui les chauffe-eau électriques, afin d'éviter un appel excessif de puissance à la pointe. Cinq millions de VE non pilotés pourraient entraîner un appel supplémentaire à la pointe de 5 à 10 GW selon les hypothèses retenues, mais ce chiffre peut drastiquement diminuer, par un facteur allant jusqu'à 10, grâce à une recharge optimisée. Au-delà, le développement de systèmes bidirectionnels (V2G : Vehicle to grid), dans lesquels la capacité de stockage des batteries peut venir en aide au réseau, permettra de transformer le parc de VE en un système d'aide au passage des pointes et à l'intégration des énergies intermittentes.

## A QUEL RYTHME LE VEHICULE ELECTRIQUE PEUT-IL SE DEVELOPPER ?

Le véhicule électrique connaît aujourd'hui un développement rapide, en France comme à l'étranger (figure 6).

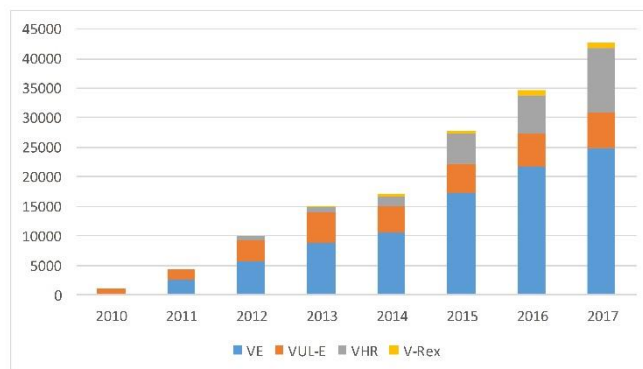


Figure 6 : Evolution des immatriculations des VE et VHR en France – Source : AVERE.

Environ 150 000 VE et VHR sont à fin mars 2018 en circulation en France. Ce parc peut croître rapidement pour les raisons exposées précédemment et apporter en fin de PPE (2028) une contribution importante à la transition énergétique.

Après avoir considéré différents scénarios, EdEn propose de retenir dans la PPE un scénario conduisant à 4 millions de véhicules (VL et VUL) en circulation en 2028 (figure 7), correspondant à cette date à 600 000 immatriculations par an (24 %). Un tel objectif est réaliste et ouvre la voie à une fin de commercialisation des véhicules à moteur thermique en 2040.

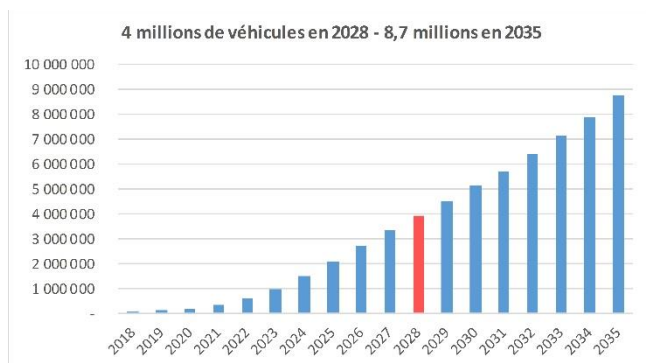


Figure 7 : Scénario EdEn de développement du véhicule électrique (VE et VHR – VUL inclus)

## LES CONDITIONS D'UN DEVELOPPEMENT REUSSI

### Un réseau de bornes de recharge adapté.

La problématique du développement du VE s'est déplacée de l'autonomie des véhicules vers la mise à disposition des usagers d'une infrastructure de recharge appropriée. Il existe aujourd'hui environ 180 000 points de recharge, dont 23 000 accessibles au public. Le développement de réseau doit précéder celui du développement du VE. EdEn estime que quatre millions de points de recharge devront être installés d'ici 2028.

Ceci suppose de lever les obstacles subsistant dans les immeubles collectifs et dans les entreprises.

Il faut aussi développer un réseau de bornes accessibles au public de beaucoup plus grande ampleur. Ceci justifie la mise au point d'un grand schéma directeur sur lequel devraient s'appuyer l'ensemble des parties prenantes. EdEn estime que

pour couvrir convenablement le territoire, il faut, dès la fin 2021, disposer d'un réseau de 200 000 points de recharge, d'une puissance unitaire majoritairement de 22 kVA et plus, sans écarter des puissances inférieures lorsqu'elles sont suffisantes compte tenu du contexte. Au-delà de ce socle, l'infrastructure à développer sera fonction des puissances unitaires qu'il sera possible d'installer, sachant que des projets allant jusqu'à 350 kVA par point de charge sont aujourd'hui à l'étude.

### Une mobilité réellement propre

Ceci suppose qu'une attention suffisante soit portée à la question des batteries : obligation de recyclage à 95 % (au lieu de 50 %), création d'un label de qualité au niveau européen, organisation de la seconde vie et du recyclage.

### Intégration de la mobilité électrique dans l'environnement urbain et dans les réseaux

Le développement de la mobilité électrique, y compris celle des deux-roues, va constituer un phénomène sociétal majeur qu'il faut prendre en compte à tous les niveaux : règles de construction et de rénovation des bâtiments, conception des quartiers, développement des synergies entre les véhicules, les bâtiments et les réseaux électriques, notamment pour tirer le meilleur parti de la capacité de stockage offerte, en circulation ou en seconde vie des batteries.

### Références

[1] Le véhicule électrique dans la transition écologique en France – Fondation pour la nature et l'homme & European Climate Foundation – Etude réalisée par Carbone 4 (novembre 2017).

[2] Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emission – ICCT: the international council on clean transportation (février 2018).