

## Les scénarios technologiques permettant d'atteindre l'objectif d'un arrêt de la commercialisation des véhicules thermiques en 2040

Synthèse du rapport réalisé, au nom de l'OPECST, par Mme Huguette Tiegna, députée, et M. Stéphane Piednoir, sénateur.

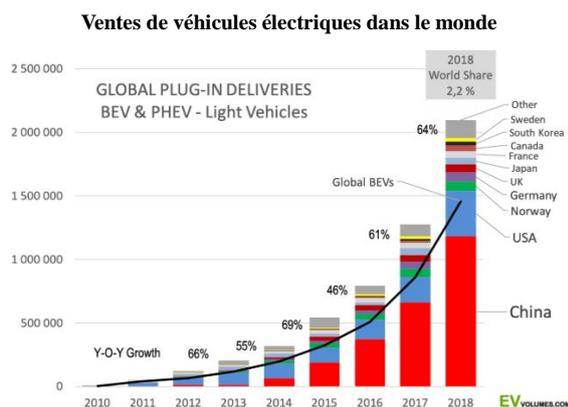
Les commissions du développement durable et de l'aménagement du territoire et des affaires économiques de l'Assemblée nationale ont saisi l'Office parlementaire, le 2 juillet 2018, d'« une étude approfondie et prospective qui permettrait d'élaborer des scénarios technologiques permettant d'atteindre l'objectif fixé pour l'échéance de 2040 ». Les rapporteurs ont, d'une part, après appel à concurrence, eu recours à l'appui du CEA et de l'IFP Énergies nouvelles pour l'élaboration de scénarios technologiques, d'autre part, suivi une démarche d'investigation s'inscrivant dans les pratiques habituelles de l'Office parlementaire, en procédant à une large consultation des parties prenantes : chercheurs, associations, acteurs institutionnels, industriels et représentants des différentes filières, qui leur a permis de rencontrer, au total, près de 150 interlocuteurs impliqués dans ce sujet.

### Cinq facteurs principaux de mutation

Depuis quelques années, une conjonction de changements techniques, réglementaires, et sociétaux contribue à accélérer la mutation du secteur des transports, et singulièrement des véhicules particuliers, vers des solutions plus respectueuses de l'environnement.

Les cinq facteurs principaux de cette mutation sont : la lutte contre le changement climatique, l'amélioration de la qualité de l'air, la diminution de la pollution sonore, la réduction de la dépendance énergétique, et la nécessité de s'inscrire dans un marché automobile mondial en mutation rapide.

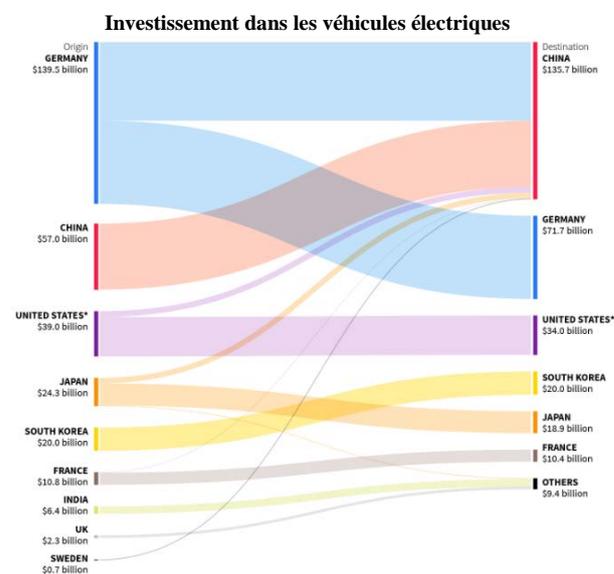
Plusieurs évolutions récentes conduisent à anticiper une transformation rapide du marché au profit des véhicules à faibles émissions.



Tout d'abord, les ventes mondiales de véhicules électriques ont connu ces dernières années une croissance qui peut être qualifiée d'exponentielle : de 47 000 unités en 2011 à plus de 2 millions en 2018.

En Chine et aux États-Unis, la progression d'une année sur l'autre a dépassé 75 %, mais elle n'a été que de 34 % en Europe, principalement en raison de l'offre, la demande n'ayant pas été satisfaite.

Ce développement vaut aussi pour la France, avec une progression de plus de 25 % des ventes de véhicules électriques entre 2017 et 2018, et une nette accélération en fin d'année dernière, confirmée début 2019 (+60 % pour les 2 premiers mois de 2019 par rapport à 2018).



(source : Reuters analysis)

Dans le même temps, les annonces d'investissement des constructeurs automobiles dans le véhicule électrique sont impressionnantes. Début 2018, elles étaient évaluées à 80 milliards d'euros. Un an plus tard, elles sont supérieures à 265 milliards d'euros, dont la moitié en Chine.

Les constructeurs français annoncent de 9 à 10 milliards d'euros d'investissement.

L'afflux d'investissements en Chine s'explique notamment par la position dominante du marché chinois qui représente à lui seul plus de la moitié des ventes de voitures électriques en 2018, et à la levée progressive des obstacles aux investissements étrangers dans ce domaine.

L'investissement de l'industrie allemande en Chine, estimé à 120 milliards d'euros, constitue l'aboutissement d'une coopération de plusieurs années entre les deux pays.

Les autorités chinoises considèrent qu'une ou plusieurs entreprises locales pourraient devenir des champions mondiaux de l'automobile, comme le sont déjà les fabricants de batteries chinois.

Il existe donc un véritable enjeu pour l'industrie automobile française et européenne.

### Scénarios technologiques : quels enseignements ?

Les trois scénarios, intitulés Médian, Pro-batterie et Pro-hydrogène, se distinguent par les hypothèses sur les progrès technologiques.

Dans le scénario Médian, les progrès de la R&D sur les batteries et les piles à combustible sont conformes aux attentes d'une majorité de scientifiques. Dans le scénario Pro-batterie, ils sont plus rapides qu'attendu sur les batteries, et les coûts baissent plus vite. De même, dans le scénario Pro-hydrogène les progrès sur les piles à combustible et les réservoirs à hydrogène sont accélérés, tout comme la baisse des prix. Ces scénarios sont aussi fondés sur des hypothèses communes sur le mix électrique (46 % nucléaire et 50 % ENR en 2035), une taxe carbone à 100 €/t en 2030 et 141 €/t en 2040, et une augmentation continue des prix des véhicules thermiques.

Les évolutions du parc des véhicules thermiques sont similaires dans les trois scénarios, avec **une disparition totale des véhicules thermiques non hybrides en 2040**, et un volant résiduel de véhicules hybrides non rechargeables à peu près équivalent.

Le scénario Pro-batterie, qui correspond à des progrès technologiques plus rapides pour les batteries, conduit à des résultats similaires au scénario de référence Médian. Les ventes de véhicules électrifiés sont simplement anticipées de quelques années.

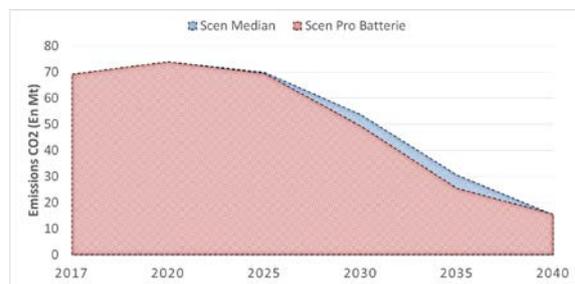
**Le scénario Pro-hydrogène démontre que cette technologie pourrait jouer un rôle important**, si deux conditions sont réunies : des progrès techniques beaucoup plus rapides que prévu, permettant une baisse accélérée des prix, et un fort soutien public (l'aide à l'achat retenue est de 10 000 € jusqu'en 2040).

### Évolution du parc de véhicules à l'horizon 2040<sup>1</sup>



Dans les trois scénarios, après une hausse en début de période, les émissions de CO<sub>2</sub> **sont divisées par 5 entre aujourd'hui et 2040**, pour atteindre les objectifs de décarbonation des transports, notamment la neutralité carbone, en 2050.

### Évolution comparative des émissions de CO<sub>2</sub>



<sup>1</sup> ICE (*internal combustion engine vehicle*), en français véhicule à moteur à combustion interne, HEV (*hybrid electric vehicle*), en français véhicule hybride électrique, PHEV (*plug-in hybrid electric vehicle*), en français véhicule hybride rechargeable, BEV (*battery electric vehicle*), en français véhicule électrique à batterie, et FCEV (*fuel cell vehicle*), en français véhicule à pile à combustible.

**Les coûts associés à cette transition sont très élevés, de l'ordre de plusieurs centaines de milliards d'euros cumulés sur une période de 20 ans.** L'impact le plus important est lié à la disparition progressive de la taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques ou TICPE (en 2019, la TICPE devrait atteindre 37,7 milliards d'euros, 45 % revenant au budget général de l'État, et 33 % aux collectivités territoriales).

Les coûts liés à la mise en place de l'infrastructure nécessaire (bornes de recharge et stations hydrogènes) sont évalués, pour les différents scénarios, entre 30,7 et 108 milliards d'euros.

À la suite des scénarios, **le CEA et l'IFP EN présentent sept enseignements principaux et une quinzaine de recommandations.** Celles-ci rejoignent les constats des rapporteurs qui les partagent, à l'exception des recommandations sur la poursuite de la R&D sur les biocarburants liquides de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> génération. **La piste du biogaz semble en effet plus opérationnelle dans le contexte d'une forte baisse des besoins en hydrocarbures pour la mobilité.**

Leur démarche d'investigation ayant aussi permis aux rapporteurs d'approfondir certaines des conditions nécessaires au développement des véhicules décarbonés, elle les a conduits à identifier une trentaine de recommandations opérationnelles.

### Réaffirmer la neutralité technologique

La première condition porte sur le rétablissement de la confiance. Plusieurs interlocuteurs ont évoqué l'incertitude qui règne aussi bien chez les particuliers que les professionnels depuis l'affaire Volkswagen, dite du *dieselgate*. Pour rassurer sur les intentions des pouvoirs publics, les rapporteurs estiment qu'il faut **réaffirmer le principe de neutralité technologique**, garant de la liberté des industriels de trouver les meilleures solutions, et de celle de leurs clients d'adopter celles qui répondent le mieux à leurs besoins.

À cet égard, **le moteur thermique continuera à jouer un rôle, dans une période de transition**, au côté des véhicules électriques à batterie, par exemple dans les véhicules hybrides rechargeables. Les marchés aujourd'hui les plus dynamiques, en dehors de la Chine, auront probablement plus de difficultés à réunir les conditions pour passer aux véhicules électriques. Alimenté en bioGaz, le moteur thermique peut d'ailleurs être plus vertueux.

La neutralité technologique permet aussi une transition plus progressive, limitant les impacts sur le tissu industriel et les emplois.

### Éviter la dépendance vis-à-vis des batteries asiatiques

Les batteries lithium-ion représentent aujourd'hui de 35 % à 50 % de la valeur des véhicules électriques, ce qui est considérable. Ce marché est dominé par les pays asiatiques : Japon, Corée du Sud et Chine. La Chine détient à elle seule 60 % du marché mondial. Tous ces constructeurs ont déjà annoncé leur intention de produire des batteries en Europe, si ce n'est déjà le cas. **La domination des entreprises asiatiques met les constructeurs automobiles européens dans une situation de forte dépendance.**

Conscientes des risques, la Commission européenne, l'Allemagne et la France travaillent à constituer un ou plusieurs consortiums industriels européens pour reconquérir la maîtrise de la filière des batteries (« Airbus des batteries »). Pour y parvenir, il conviendrait de profiter d'un « saut technologique » à venir : le remplacement de l'électrolyte liquide des batteries lithium-ion par un électrolyte solide. Mais les entreprises asiatiques, qui ont une avance considérable, ne resteront pas sans réagir.

Une voie pour protéger le marché européen d'une concurrence trop intense, pourrait consister à **définir des critères de qualité environnementale pour les batteries**, par exemple pour leur empreinte CO<sub>2</sub>, le recyclage, et l'approvisionnement responsable en matières premières.

### Préparer le recyclage et la seconde vie des batteries

Le recyclage des batteries lithium-ion constitue une autre piste de développement industriel à ne pas négliger. Il s'agit d'une perspective à moyen terme, car la montée en puissance sera progressive, et décalée d'une dizaine d'années par rapport à celle des ventes des véhicules. Mais il faut s'y préparer, d'autant que les batteries recyclées pourraient devenir une source d'approvisionnement en lithium et en cobalt.

Comme pour les batteries neuves, **il faut définir dès à présent des critères exigeants, par exemple en termes de performance du recyclage, pour protéger cette industrie naissante.** La réglementation européenne, qui date de plus de 10 ans, prévoit un seuil par défaut (les batteries lithium-ion n'avaient pas été prises en compte à l'époque), fixé à 50% de taux de recyclage, alors que les entreprises françaises savent déjà recycler ces batteries à plus de 70%. De la même façon, il faut **préparer un statut spécifique des entreprises de recyclage**, avec une réglementation adéquate. Cette question dépasse toutefois celle des batteries.

### Assurer le déploiement des infrastructures

Pour que les véhicules électriques se développent, il faut évidemment aussi assurer, sur tout le territoire, un accès aisé à un point de charge, au domicile, sur le lieu de travail, ou dans l'espace public. En France, fin 2018, le nombre total de points de charge s'élevait à près de 240 000, dont environ 26 000 accessibles au

public, plus de 85 000 chez les particuliers, et plus de 125 000 en entreprise, avec une progression de près de 40 % en un an.

#### Répartition géographique des points de charge



Source : GIREVE, septembre 2018

En théorie, 65 % des logements pourraient être équipés d'un point de charge. C'est assez simple dans les logements individuels, plus complexe dans les bâtiments résidentiels collectifs. La loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite Grenelle II, a créé un « droit à la prise ». Mais en pratique les délais sont longs et le processus compliqué pour un propriétaire ou un locataire qui veut installer à ses frais un point de charge individuelle.

Les rapporteurs proposent de **simplifier l'exercice du droit à la prise, en demandant à toutes les copropriétés de décider des modalités de raccordement sans attendre que la question soit posée par un copropriétaire**. Ainsi, la réponse sera beaucoup plus rapide. Un délai maximum de 2 mois pour cette réponse nous semble dans ces conditions suffisant.

Pour **faciliter la recharge sur le lieu de travail**, l'obligation de payer des charges sociales et des impôts sur la recharge d'un véhicule faite par un salarié dans son entreprise, oblige l'employeur à mettre en place un système complexe de comptage et de facturation. Lever cet obstacle permettrait aux 35 % de personnes, au moins, qui ne peuvent disposer d'un point de charge à domicile d'être rassurées sur la possibilité de recharger leur véhicule électrique dans leur entreprise.

Enfin, sur la question de l'impact de ces points de charge sur le réseau électrique, les rapporteurs considèrent qu'il n'y a pas de risque réel en termes de consommation d'électricité tout au long de l'année. En revanche, **le problème existe bel et bien en termes d'appel de puissance, avec un risque réel d'aggraver les pointes de consommation**. Sur ce plan, il n'y a pas d'autre solution efficace à l'heure actuelle que le pilotage de la recharge. Aussi, les rapporteurs proposent d'étendre l'obligation du pilotage aux points de charge dans l'habitat collectif, en renforçant les aides.

#### Maintenir les aides à l'achat à un niveau suffisant

Le surcoût des véhicules électriques à l'achat reste un problème majeur pour le développement de ce marché. **En Norvège, c'est avant tout un prix attractif pour les particuliers qui explique les fortes ventes de véhicules électriques**, bien avant les autres avantages. Le Danemark en a aussi donné un exemple inverse : lorsqu'il a baissé ses aides à l'achat en 2015, les ventes de véhicules électriques se sont effondrées.

En France, un dispositif équivalent à celui de la Norvège est impossible, dans la mesure où celui-ci est fondé sur l'exonération de taxes très lourdes. Néanmoins, **il faut maintenir les aides existantes, notamment le bonus écologique tant que les prix n'auront pas baissé**.

Une autre façon de convaincre les Français, consiste à leur montrer que l'achat d'un véhicule électrique peut être intéressant sur le long terme, à la fois en termes financiers et de protection de l'environnement. C'est ce que permettent les calculs du coût total de possession d'un véhicule, et l'analyse de ses émissions de CO<sub>2</sub> tout au long de son cycle de vie, et non plus seulement en utilisation, comme actuellement.

Aussi, les rapporteurs proposent-ils **la création, sur le modèle de l'étiquette énergie pour les logements, d'un label permettant aux consommateurs de visualiser simplement, pour un véhicule, son coût total de possession et ses émissions tout au long de sa vie**, sur la base d'une utilisation moyenne.

#### Conclusions

Au terme de leur étude, et en s'appuyant sur les travaux réalisés par le CEA et l'IFPEN, les rapporteurs estiment que **le double objectif d'une très forte réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et d'une disparition des motorisations purement thermiques est réalisable pour les véhicules particuliers d'ici 2040**.

Mais cette transformation sera certainement coûteuse, notamment du fait de la perte des revenus provenant de la TICPE, et aussi des infrastructures à mettre en place. La bonne nouvelle est que, pour les particuliers, elle pourrait au contraire s'avérer, à terme, favorable pour leur budget déplacement.

Il s'agira aussi d'une transformation majeure pour toute la filière automobile, industries et services compris, dans un contexte international lui-même très fluctuant.

Aussi les rapporteurs estiment qu'il faut agir avec prudence, en préparant ces transformations à l'avance, en prévoyant les mesures d'accompagnement nécessaires, et en laissant à chacun des acteurs la possibilité de jouer entièrement son rôle.

*Le rapport est consultable sur le site de l'OPECST :*  
<http://www.assemblee-nationale.fr/commissions/opecst-index.asp>  
<http://www.senat.fr/opecst/index.html>

mars 2019