

# LA VOITURE ELECTRIQUE : DOMAINE DE PERTINENCE, CONTRAINTES ET LIMITES

Certains présentent la voiture électrique comme LA solution à tous les problèmes posés par les moteurs thermiques : raréfaction du pétrole, émissions de gaz à effet de serre, pollution locale, etc.

Qu'en est-il exactement ? Quel est le domaine de pertinence de ce type de véhicule ? Quelles en sont les contraintes et les limites ?

Cet article s'appuie sur des données de l'ADEME, du Ministère de l'Ecologie, du Centre d'Analyse Stratégique (service dépendant du Premier Ministre), de l'INSEE, de l'INRETS (devenu depuis l'IFSTTAR), de Ville Rail & Transports, etc.

## 1. PRESENTATION

La voiture urbaine « tout électrique » est dotée d'une ou plusieurs batteries rechargeables, pour lesquelles diverses technologies existent (voir ci-dessous). Elle se distingue de la voiture hybride, qui associe un moteur thermique et un moteur électrique.

En France, il y a aujourd'hui seulement quelques milliers de véhicules électriques, détenus essentiellement par des entreprises publiques (dont La Poste) et des collectivités locales.

La plupart des constructeurs vont sortir ou ont déjà sorti une voiture tout électrique, parmi lesquels Fiat (2010), Peugeot (2010), Citroën (2010), Renault (2011), Nissan (2011), Smart (2012), Volkswagen (2013)... (source : Ville Rail & Transports n°504).

La France est, avec la Chine et Israël, l'un des pays qui soutiennent le plus le véhicule « tout électrique ». Le gouvernement français vise un objectif de 2 millions de véhicules électriques en 2020.

## 2. BATTERIES ET RECHARGEMENT

### 2.1. LE LITHIUM, METAL INDISPENSABLE

Les principales technologies de batteries utilisent le lithium : lithium-ion, lithium-polymère, lithium-métal, lithium-métal-polymère.

Les réserves mondiales de lithium sont évaluées entre 11 et 16 millions de tonnes, dont seulement 40 % seraient utilisables dans les conditions actuelles pour fabriquer des batteries d'automobiles. Plus de 75 % des réserves se trouvent sur les plateaux andins du Chili, d'Argentine et de Bolivie et 12 % en Chine, plus précisément au Tibet.

La demande ayant explosé, notamment pour la production de batteries pour le marché de l'informatique et de la téléphonie, le prix du lithium est passé d'environ 300 €/tonne à 4 300 €/tonne entre 2003 et 2009.

Il faut 3 kg de lithium pour fabriquer une batterie automobile au lithium. Les réserves disponibles permettraient donc de fabriquer 1,5 à 2,2 milliards de batteries de ce type, alors qu'il y a actuellement près d'un milliard de voitures dans le monde, que la durée de vie d'une batterie est évaluée à 8 ans et

que le FMI prévoit un triplement du parc automobile d'ici à 2050. En outre, comme nous venons de le dire, le lithium sert à d'autres usages. Les réserves de lithium seraient donc épuisées en quelques décennies.

Face à la probable pénurie de lithium mais aussi afin de concevoir des batteries plus performantes, les constructeurs de batteries explorent de nouvelles pistes technologiques comme celle du zinc-air ou du nickel-zinc.

## **2.2. UNE AUTONOMIE LIMITEE**

La plupart des constructeurs annoncent une autonomie de l'ordre de 150 km. La voiture électrique est donc adaptée uniquement aux déplacements courts, notamment les déplacements urbains et une partie des déplacements périurbains.

D'après le Centre d'Analyse Stratégique, ces chiffres sont surestimés, en particulier car ils ne prennent pas en compte des fonctions vitales telles que les phares, les essuie-glaces, le dégivrage du pare-brise ou le chauffage de l'habitacle. L'autonomie réelle des batteries pourrait être divisée par deux<sup>1</sup>.

En outre, il n'est pas certain que le manque de fiabilité des batteries, fréquent sur les modèles existants, sera résolu sur les nouveaux modèles.

## **2.3. UN RECHARGEMENT CONTRAIGNANT**

Le rechargement des batteries se fait préférentiellement en charge lente (6 heures environ), par exemple pendant la nuit. Le plan Borloo prévoit la création de 900 000 points de recharge privés d'ici à 2015, notamment via l'obligation d'installer des prises dans tout nouvel immeuble de logements ou de bureaux à partir de 2012.

En cas d'urgence, il est possible de recharger partiellement la batterie (10 à 80 %) en 10 à 40 minutes. Le plan Borloo prévoit la création d'ici à 2015 de 75 000 points de recharge accessibles au public. Une douzaine d'agglomérations (Paris, Bordeaux, Strasbourg, Rennes...) se sont engagées à déployer une telle infrastructure, pour un coût annuel estimé à 200 millions d'euros.

Pour pallier cette autonomie limitée notamment par le temps nécessaire à la recharge des batteries, plusieurs dispositifs seront proposés ou sont à l'étude. En particulier, un nouveau concept est en train d'émerger utilisant le principe de l'échange des batteries en quelques minutes permettant de sécuriser les utilisateurs. Ce dispositif implique le déploiement de stations d'échange sur tout le territoire.

## **2.4. DES DIFFICULTES EN MILIEU URBAIN**

Dans le centre des agglomérations, seulement 1 ménage motorisé sur 3 a accès à une place de stationnement dotée d'une prise électrique à proximité, contre 2 sur 3 en secteur périurbain ou rural.

La recharge dans les parkings publics ou les stations-service n'est guère envisageable, puisque la plupart des automobilistes souhaiteront mettre leur voiture à recharger le soir et la récupérer le lendemain matin, ce qui limitera à un seul véhicule par nuit l'utilisation d'une place et enlèvera toute rentabilité pour l'exploitant.

Pour les mêmes raisons, les bornes de recharge sur l'espace public ne pourront répondre qu'aux besoins de recharge rapide. En outre, par nature, ces places ne seront pas occupées toute la journée, ce qui risque d'y générer du stationnement sauvage et donc d'en annuler tout l'intérêt.

---

<sup>1</sup> Centre d'Analyse Stratégique (2008), *Mission « Véhicules 2030 » : perspectives concernant le véhicule grand public d'ici 2030*, [www.strategie.gouv.fr/article.php?id\\_article=957](http://www.strategie.gouv.fr/article.php?id_article=957)

### **3. COUT**

Le coût d'acquisition d'une voiture électrique se situe autour de 30 000 €, dont près de 10 000 € pour la batterie. L'Etat accorde un crédit d'impôt de 5 000 €, ce qui ramène ce coût à environ 25 000 €. La voiture électrique reste donc encore deux fois plus chère à l'achat qu'un véhicule thermique équivalent.

Le prix de l'électricité étant largement inférieur à celui du carburant, le véhicule électrique peut devenir rentable dans le temps, à condition de l'utiliser intensivement et uniquement sur des déplacements courts. Seules certaines flottes professionnelles répondent à ces critères : La Poste, EDF, France Telecom, etc. L'exemption de la taxe sur les véhicules de société pour les véhicules électriques contribue également à l'avantage comparatif de ces derniers. Les véhicules électriques pourraient également être adaptés aux services d'autopartage, sous réserve que les batteries deviennent fiables ; en effet, les problèmes de fiabilité ont par le passé fait renoncer certains opérateurs, notamment à Lyon.

Comme la prime à la casse, le crédit d'impôt sera limité dans le temps. En effet, son impact sur les finances publiques est très lourd. Par exemple, pour 2 millions de véhicules, le coût total serait de 10 milliards d'euros.

### **4. POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT**

#### **4.1. LE RENOUVELLEMENT DU PARC AUTOMOBILE EST LENT**

Le renouvellement total du parc automobile prend 15 à 20 ans.

Si, à partir de 2011, tous les véhicules neufs étaient des véhicules électriques, ce qui est très loin d'être le cas, il faudrait attendre au minimum jusqu'en 2030 environ pour n'avoir que des véhicules électriques.

Cette échéance est trop tardive au vu des enjeux environnementaux et économiques, notamment le réchauffement climatique (contre lequel le GIEC et les accords de Kyoto enjoignent d'agir dès maintenant) et la raréfaction du pétrole (le pic mondial de production de pétrole est attendu avant 2020).

#### **4.2. LES OBJECTIFS ET PREVISIONS OFFICIELS SONT ASSEZ MODESTES...**

Le gouvernement français, dont nous avons dit plus haut qu'il est l'un des plus volontaristes en la matière, vise un objectif de 2 millions de véhicules électriques en 2020, soit seulement 6 % du parc automobile.

De son côté, la Commission Européenne estime que la part de marché de la voiture électrique sera de 2 % en 2015.

#### **4.3. ... TOUT COMME LES PREVISIONS DES CONSTRUCTEURS AUTOMOBILES**

Par exemple, Peugeot espère vendre 50 000 exemplaires de sa voiture électrique iOn d'ici à 2015, soit 0,4 % des voitures vendues chaque année en France.

#### **4.4. A LONG TERME, ENVIRON 20 % DES VOITURES INDIVIDUELLES POURRAIENT ETRE REMPLACEES PAR DES VOITURES ELECTRIQUES**

Les résultats présentés dans ce paragraphe sont extraits d'une analyse du Commissariat Général au

Développement Durable réalisée en 2010<sup>2</sup>.

Pour la batterie non échangeable, en l'état technologique actuel, le public visé n'utiliserait son véhicule que pour des trajets quotidiens inférieurs à 100 km avec possibilité de recharger son véhicule dans un parking à son domicile et le cas échéant sur son lieu de travail. Dans ce cas, le véhicule électrique concernerait probablement plutôt le 2<sup>e</sup> ou le 3<sup>e</sup> véhicule du ménage. Le parc concerné atteindrait ainsi au maximum 5,4 millions de véhicules, soit 17 % du parc actuel. Il serait réduit dans les faits par le maintien de certains usages ne serait-ce qu'occasionnellement (ou potentiellement dans l'esprit de leur propriétaire) pour des trajets longs (en moyenne 5 par an) et par la contrainte budgétaire d'acquisition des véhicules.

Le développement de la batterie échangeable en autant de temps que pour faire un plein d'essence permettrait des trajets plus longs et élargirait le marché potentiel. Le parc s'étendrait alors à 7,7 millions de véhicules, soit 24 % des véhicules existants.

Pour affiner ces résultats, il conviendrait d'enlever les ménages les moins aisés car la contrainte budgétaire qu'entraînerait l'achat d'un véhicule électrique pèserait trop sur ces ménages. À titre d'exemple, le chiffre précédent serait ramené à 6,7 millions de véhicules en enlevant les ménages du premier quartile de revenu par unité de consommation.

Par ailleurs, disposer d'une prise de courant à proximité d'une de ses places de parking au domicile ou pouvoir en installer conditionne l'acquisition d'un véhicule électrique. Or, 63 % des ménages disposant d'une place de parking, couverte ou non, en ont une. C'est le cas de 82 % des ménages habitant une maison mais seulement de 21 % de ceux vivant en appartement.

## 5. ENERGIE

Les chiffres de ce paragraphe et du suivant sont basés sur le rapport de l'ADEME : *Les transports électriques en France : un développement nécessaire sous contraintes* (juillet 2009).

### 5.1. IL SERAIT NECESSAIRE D'AUGMENTER FORTEMENT LA PRODUCTION ELECTRIQUE...

Les scénarios de production électrique découlant du Grenelle de l'Environnement prévoient une réserve de capacité d'électricité non carbonée, entre minuit et 7 heures du matin, oscillant entre 6 et 8 gigawatts (GW), contre 3 à 4 GW aujourd'hui. Cette capacité permettrait le rechargement, en charge lente, de 2 à 2,5 millions de véhicules électriques. Les jours de grand froid, l'ensemble de la capacité serait utilisé pour les besoins actuels, notamment le chauffage, et le rechargement des voitures électriques nécessiterait de faire appel à de l'électricité d'origine thermique.

Si l'on introduisait 5 millions de véhicules électriques, la puissance appelée serait de 15 GW, ce qui nécessiterait 7 à 9 GW de puissance complémentaire, soit l'équivalent de 5 ou 6 tranches nucléaires. Si les 31 millions de voitures particulières devenaient électriques, il faudrait 60 tranches nucléaires supplémentaires, soit davantage que le parc actuel (58 tranches). Si l'ensemble du parc routier (31 millions de voitures, 6 millions de véhicules utilitaires légers et 600 000 camions et bus) devenait électrique, il faudrait au total 105 tranches nucléaires supplémentaires.

Le développement des énergies renouvelables ne pourrait pas davantage répondre à la demande d'un parc de plusieurs millions de véhicules électriques. Par exemple, il faudrait 15 000 grosses éoliennes de 2,5 MW pour 5 millions de voitures électriques, 100 000 éoliennes pour 31 millions de voitures et 170 000 éoliennes pour l'ensemble du parc routier.

<sup>2</sup> Commissariat Général au Développement Durable (2010), *La mobilité des Français, panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008*, page 120.

## 5.2. ... ET DE RECHARGER LES BATTERIES EN HEURES CREUSES DE NUIT

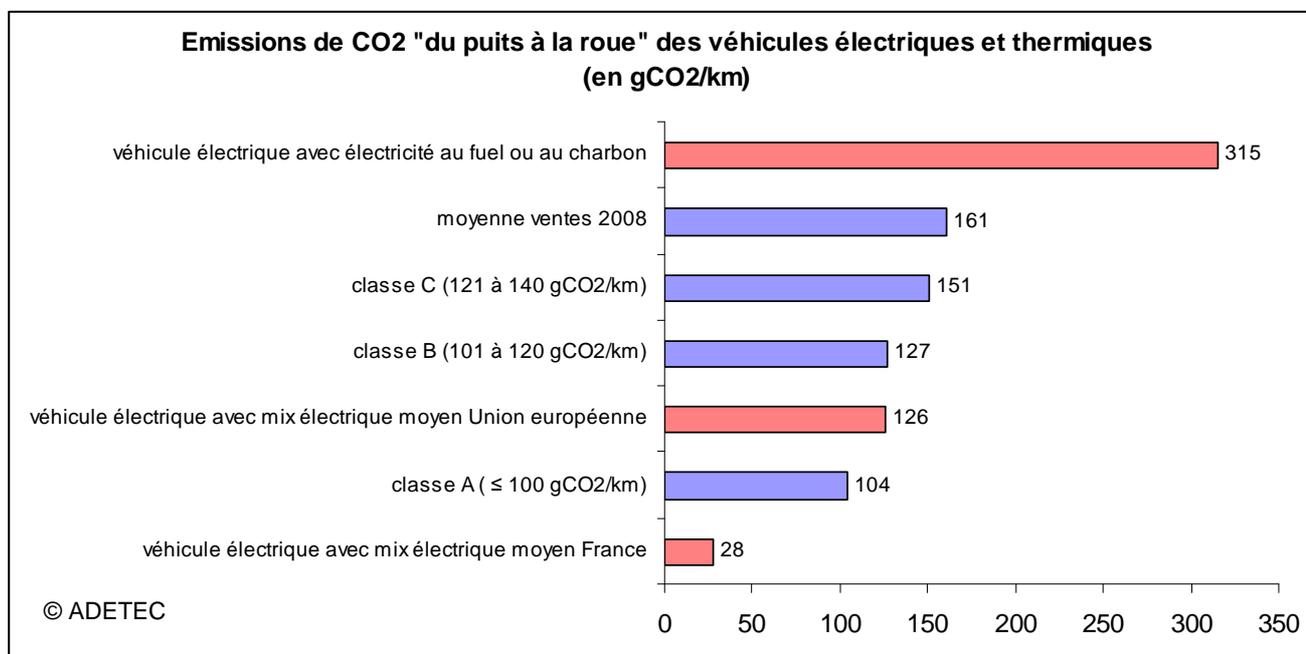
Les chiffres ci-dessus supposent que les charges « intelligentes » – c'est-à-dire aux heures creuses et de préférence la nuit entre minuit et 7h – seront systématiques et s'accompagneront d'une amélioration des performances de consommation du véhicule électrique, afin de réduire au maximum ces temps de recharge. Par conséquent, les recharges rapides devront être évitées, car elles créeront d'importants appels de puissance en journée, ce qui constituera une contrainte supplémentaire forte sur le réseau électrique.

Par exemple, la recharge simultanée de 500 000 voitures électriques au même moment nécessiterait l'équivalent de 20 GW (soit plus de 25 % de la puissance appelée actuellement sur le réseau), avec une réactivité nécessairement fournie par des moyens thermiques ou à flamme. Au final, cela aurait un double impact négatif : des pointes de consommation difficiles à gérer au niveau de la production française, notamment en période de grand froid ; ainsi que des émissions significatives de CO<sub>2</sub>, liées à l'utilisation de centrales thermiques françaises ou à l'importation d'électricité qui sera nécessairement plus « carbonée ».

L'ADEME enjoint donc vivement un développement des véhicules électriques qui prenne en compte les contraintes du réseau électrique sous forme de charge « intelligente », afin d'éviter la saturation du réseau et l'utilisation d'une électricité plus « carbonée ».

## 6. UN BILAN CARBONE VARIABLE SUIVANT LE MODE DE PRODUCTION DE L'ELECTRICITE

La majorité des émissions de CO<sub>2</sub> provient de la production d'électricité. L'efficacité énergétique des voitures électriques et leur bilan carbone dépendent donc fortement du mode de production de l'électricité utilisée. L'analyse « du puits à la roue » prend en compte la production d'énergie, quelle qu'en soit la source. Elle donne les résultats suivants<sup>3</sup> :



<sup>3</sup> Les classes de l'étiquetage énergétique correspondent aux émissions « du réservoir à la roue » et ne prennent donc pas en compte les émissions résultant de la production de l'énergie. Les chiffres du graphique correspondent l'ensemble des émissions « du puits à la roue ». Pour simplifier le graphique, nous prenons comme référence 90 gCO<sub>2</sub>/km pour la classe A (qui va jusqu'à 100 gCO<sub>2</sub>/km) et le milieu de la classe pour les autres classes, par exemple 110 gCO<sub>2</sub>/km pour la classe B.

Avec une électricité majoritairement nucléaire, comme en France, ou à base d'énergies renouvelables, le bilan carbone de la voiture électrique est largement favorable<sup>4</sup>. Les économies de CO<sub>2</sub> associées à 2 millions de véhicules, avec les hypothèses les plus favorables mix de production non carboné) pourraient être d'environ 4 millions de tonnes par an. Toutefois, comme indiqué plus haut, une part insuffisante de charges « intelligentes » amènerait à faire appel à de l'électricité davantage carbonée et ramènerait le bilan de la voiture électrique en France à un niveau proche de la moyenne européenne.

Avec une électricité correspondant à la moyenne européenne, le bilan (126 gCO<sub>2</sub>/km) est proche de celui des véhicules de classe B actuels et se situe 22 % en dessous du bilan du parc automobile thermique (161 gCO<sub>2</sub>/km).

Avec une électricité à base de fioul ou de charbon, cas le plus fréquent dans le monde, le bilan carbone de la voiture électrique devient franchement négatif.

Signalons enfin que la production des batteries représente environ 20 % du bilan carbone du cycle de vie d'une voiture, soit autant que la construction de la voiture proprement dite.

## **7. AUTRES IMPACTS**

### **7.1. POLLUTION ATMOSPHERIQUE LOCALE**

Les véhicules électriques polluent très peu au niveau local.

Toutefois, la pollution atmosphérique est reportée au niveau de la production d'électricité, sauf si celle-ci se fait par des sources renouvelables (solaire, éolien...). Dans ce dernier cas, il peut néanmoins y avoir quelques impacts négatifs (consommation de matières premières, impacts visuels...).

### **7.2. ELECTRICITE NUCLEAIRE**

L'électricité nucléaire présente les impacts ou risques suivants :

- l'uranium est, comme le pétrole, une ressource non renouvelable,
- la France ne produit plus d'uranium et doit donc intégralement l'importer. Les plus gros producteurs mondiaux sont le Canada (25 %), l'Australie (19 %), le Kazakhstan (13 %), le Niger (9 %) et la Russie (9 %),
- on ne sait pas traiter les déchets de l'industrie nucléaire, lesquels restent radioactifs pendant des milliers d'années,
- malgré les précautions prises, les risques d'un accident grave ne sont pas nuls, comme vient de le rappeler l'accident dramatique de Fukushima, au Japon.

### **7.3. CONSOMMATION D'ESPACE**

La consommation d'espace constitue l'un des principaux impacts de la voiture et l'un des principaux enjeux des politiques de déplacements urbains.

Le remplacement de voitures thermiques par des voitures électriques de taille équivalente n'aura aucun impact sur l'espace consommé.

---

<sup>4</sup> Notons toutefois que la construction et le démantèlement des centrales nucléaires ne sont pas pris en compte. Les chiffres réels sont donc plus élevés, mais ils restent inférieurs à la moyenne des véhicules de classe A.

## 7.4. BRUIT

L'un des principaux atouts de la voiture électrique réside dans son faible impact sonore.

## 7.5. SECURITE ROUTIERE

Les piétons et les cyclistes ne sont pas encore habitués à ce type de véhicules et ne les entendent pas venir. D'après une étude de l'équivalent étasunien de notre Sécurité Routière<sup>5</sup>, il y aurait deux fois plus d'accidents de piétons avec les voitures électriques.

Pour pallier à ce problème, plusieurs constructeurs (Toyota, Renault, Chevrolet...) ajoutent un émetteur sonore à leur voiture. Ainsi, au Japon, Toyota commercialise depuis août 2010 un système déclenchant « un bruit synthétisé de moteur électrique » lorsque le véhicule roule à moins de 25 km/h. Le coût unitaire de ce système est d'environ 170 €.

## 8. ET LA VOITURE HYBRIDE ?

La voiture hybride ne répond pas plus aux problématiques posées que la voiture électrique ou la voiture thermique, car elle ne peut résoudre ni les inconvénients de la première (coût élevé, potentiel limité à une partie du parc, forte demande électrique, risque de pénurie de lithium...) ni ceux de la seconde (raréfaction du pétrole, fortes émissions de CO<sub>2</sub>...).

*L'auteur de cet article est Bruno CORDIER, créateur et directeur du cabinet ADETEC, spécialiste des études de mobilité depuis 1997.*

Contact : [bcordier.adetec@orange.fr](mailto:bcordier.adetec@orange.fr)

ADETEC – Bureau d'études en Transports et Déplacements

86 quai Féron 63150 La Bourboule

04 73 65 94 24

Site internet : [www.adetec-deplacements.com](http://www.adetec-deplacements.com)

<sup>5</sup> National Highway Traffic Safety Administration.