



# La grande illusion

## de la voiture électrique

*Quand on veut résoudre les problèmes occasionnés par la voiture, on propose souvent comme solution... la voiture ! Électrique, hybride, autonome, partagée, etc. comme s'il suffisait de lui adjoindre un qualificatif pour la réhabiliter... Difficile dans ces conditions d'élargir le champ des solutions !*

Au delà du rêve ou du fantasme, la voiture électrique est souvent présentée dans les plus hautes instances comme LA solution. Si on ne peut pas lui nier quelques avantages, il est nécessaire de rétablir la vérité sur un certain nombre d'informations trop souvent occultées...

Pour commencer, il faut se poser la question suivante : pourquoi une voiture a-t-elle besoin d'énergie pour avancer ? Elle doit en fait essentiellement lutter contre deux forces : la résistance de l'air et la déformation des pneumatiques.

Cette dernière ne dépend pas de la vitesse mais principalement de la masse du véhicule. En revanche, la résistance de l'air quadruple lorsque l'on double la vitesse et elle est aggravée par la largeur et la hauteur du véhicule. En dessous de 50 km/h, une voiture lutte surtout contre la déformation des pneumatiques. Au delà, la résistance de l'air devient prépondérante et augmente fortement au-delà de 100 km/h.

### L'excellent rendement du moteur

Une voiture doit donc être légère pour être efficace en ville, et petite et profilée pour les trajets routiers. De ces points de vue, la voiture électrique n'est pas très avantageuse, car généralement plus lourde et plus haute que ses homologues à moteur thermique.

Mais c'est sans compter sur ce qu'il y a sous son capot, ou plutôt sur ce qu'il n'y a pas... Nul besoin en effet d'embrayage, ni de boîte de vitesse, pour son moteur électrique qui fournit du couple à bas régime tout en possédant une très large plage de fonctionnement. Moins de mécanique inutile, c'est moins de pertes.



## L'ADEME nous avait bien prévenus

Comme souvent - amiante, pesticides... - on ferme les yeux pendant longtemps sur les impacts négatifs d'une technique économiquement prometteuse. Et on attend les premiers signes alarmants pour tenter de limiter les dégâts sur l'environnement et la santé. L'ADEME le disait déjà dans une étude très détaillée réalisée en 2012 avec le concours d'une soixantaine de spécialistes : les impacts environnementaux induits par les véhicules électriques sont loin d'être négligeables, si l'on prend en compte l'ensemble des pollutions générées en amont, en particulier par la fabrication des batteries et leur recharge quotidienne sur le réseau.

Pour les signataires de cette étude, « l'utilisation du véhicule électrique en France, en comparaison au maximum des différents bouquets énergétiques considérés contribue dans une moindre mesure aux émissions de CO<sub>2</sub>, de CO, de NO<sub>x</sub>, de PM, de SO<sub>2</sub> et de COV (composés organiques volatils). En revanche, elle conduit à une importante consommation d'énergie primaire, et contribue fortement à des émissions radioactives, ainsi qu'à la génération de déchets radioactifs. »

Et l'étude concluait que « le mode de production de l'électricité impacte fortement le bilan environnemental du véhicule électrique (VE) qui se révélerait particulièrement performant avec un mix électrique 100 % renouvelable. Elle met par ailleurs en évidence l'importance des impacts liés à la fabrication de la batterie. » « La consommation totale d'énergie primaire montre que le VE n'est pas plus efficace énergétiquement qu'un véhicule thermique (VT) sur l'ensemble de son cycle de vie. La plage d'incertitude du VE pour cet indicateur est plus grande pour le VE que pour le VT, ainsi le VE tend vers une efficacité énergétique moindre par rapport au VT ».

Et il y a d'autres conséquences, auxquelles nous ne sommes pas forcément préparés : « L'importance cruciale du mix électrique souligne la nécessité, en cas de déploiement significatif du véhicule électrique, de mettre en place un système incitatif de « réseau intelligent » ou « smart grid », afin d'éviter de surajouter aux pics de consommation existants, et de recourir aux modes de production d'électricité « de pointe », plus coûteux économiquement et souvent plus impactant en termes d'environnement. Nécessaire pour éviter la surcharge du réseau dans l'hypothèse d'un parc important de véhicules électriques, un tel réseau permettra en outre d'éviter la recharge des VE avec de l'électricité carbonée. »

« De plus, les bénéfices du véhicule électrique en ville, en termes de pollution atmosphérique et de bruit, ne [deviennent] sensibles qu'à partir d'un taux d'électrification de la flotte bien plus élevé que celui actuellement projeté ».

Source : étude *Elaboration selon les principes des ACV des bilans énergétiques, des émissions de gaz à effet de serre et des autres impacts environnementaux induits par l'ensemble des filières de véhicules électriques et de véhicules thermiques*, ADEME, 2012





## La grande illusion de la voiture électrique



ENSIL - ENSCI

Construit par des étudiants de Limoges dans le cadre d'un concours international sponsorisé par Shell, ce prototype de voiture thermique à quatre roues atteint des performances d'économie : il ne pèse que 108 kg et sa puissance se limite à 700 W. Si on divise toutes ces données par deux, on se rapproche sensiblement du VAE.

Et puis les moteurs électriques ont un excellent rendement, deux à trois fois meilleur que leurs concurrents thermiques diesel ou essence. Au final, pour une même distance parcourue, il faut deux à trois fois moins d'énergie électrique dans la batterie que d'énergie chimique dans le pétrole du réservoir ! « Vive la voiture électrique ! », serait-on tenté de dire à ce stade. Mais ça serait oublier que l'électricité ne se récolte pas dans la nature en forant un trou dans le sol ! Il faut la produire à partir d'autres sources d'énergie, et c'est là que ça se gâte...

L'électricité stockée dans la batterie vient en effet de loin. Après avoir parcouru quelques centaines de kilomètres sur des lignes à haute-tension et avoir changé de forme dans un adaptateur secteur, elle a déjà perdu 10 à 15 % de sa vigueur. Mais c'est en amont que le problème se corse un peu plus !

### Question de mix

En France, l'électricité provient en effet à 75 % du nucléaire. Pour faire court, la fission de l'uranium va produire de la chaleur, qui va vaporiser de l'eau dont

la pression entraîne des turbines qui font tourner un alternateur qui produit de l'électricité. Un peu compliqué, il est vrai, mais on ne sait pas faire mieux ! Et c'est la raison pour laquelle le rendement

d'une centrale thermique nucléaire est assez médiocre. En effet, pour 100 % de chaleur nucléaire en entrée, on ne récupère que 30 % d'électricité, les 70 % d'énergie restante demeurant de la chaleur dissipée dans la mer, dans une rivière ou dans de géantes tours aéroréfrigérantes.

Bilan global ? La voiture électrique englutit plus d'énergie primaire à la source que la voiture thermique ! Alors certes, en France, elle est majoritairement décarbonée. Mais est-ce à dire que le nucléaire ne pose pas de problèmes ?

Et puis, une augmentation massive du parc automobile électrique ne déstabiliserait-elle pas l'équilibre de la production électrique, obligeant à faire tourner les centrales thermiques à flamme ? Que deviendrait alors le bilan carbone de ce véhicule ?

Le mix énergétique français de production d'électricité étant très atypique, il est intéressant de se poser la question de la pertinence de la voiture électrique

### Les compromis à trouver entre les contraintes

Plus on met de batteries et plus on peut aller loin... mais plus la voiture pèse lourd, donc dépense plus d'énergie. Et la voiture électrique pèse déjà un peu plus lourd que la voiture à moteur thermique.

Dans l'état actuel des avancées techniques, le bon compromis se situe aujourd'hui à 300 kg de batteries, qui donnent une autonomie d'environ 200 km à une citadine basique (genre Clio). Si on se contente de 100 km d'autonomie, alors la masse des batteries peut être fortement réduite.

Et puis il faut chauffer en hiver. Et là, à moins de prendre le parti de réduire encore l'autonomie du véhicule, on revient au thermique. Car à température égale, un chauffage électrique consommerait 3,5 fois plus d'énergie que le chauffage thermique. Compter plus ou moins un litre de carburant à l'heure. Voilà un élément qui dégrade sensiblement le rendement de la voiture électrique en hiver.

Et en été ? Soyons raisonnables : on se passera de la climatisation, c'est plus supportable que de se passer de chauffage en hiver.

Compte tenu de ces contraintes, l'utilisation hyper-urbaine sur trajets courts est bien le domaine de pertinence de la voiture électrique... qui se retrouve donc là en concurrence - partiellement - avec les transports en commun et le vélo.



## Les imprévisibles et les incalculables

Comme dans le domaine des ressources fossiles, il y a ce qu'on peut maîtriser... et le reste.

Par exemple, dans le contexte du mix français énergétique, un bilan sur le long terme doit prendre en compte le traitement et le stockage des déchets nucléaires, le démantèlement des réacteurs en fin de vie (ou leur prolongation ?).

Concernant la fabrication des batteries : si les prix sur le marché international de matières telles que le lithium sont aujourd'hui abordables, rien ne garantit que dans un contexte rendu plus concurrentiel par le développement du tout électrique, ou moins stable politiquement, on ne devienne pas dépendants de ressources minérales difficilement abordables.

Quant au recyclage des batteries usagées, ça n'est pas encore prévu, du moins à l'échelle du développement de la voiture électrique tel qu'il est encouragé aujourd'hui.

plus d'énergie que sa consœur thermique, et qu'en France, elle produit plus de CO<sub>2</sub> pendant sa fabrication que pendant la totalité de son utilisation.

Mais si la voiture électrique résiste si bien à toutes ces contradictions, c'est qu'elle possède un avantage indéniable : presque aucun impact sur son lieu d'utilisation, puisque les nuisances sont déportées sur le lieu de production de l'électricité et de la voiture elle-même. Cet état de fait lui vaut d'ailleurs souvent l'appellation frauduleuse de « véhicule zéro émission ».

Alors, si la voiture électrique ne sauvera pas le Monde, elle sauvera peut-être la ville... Vous imaginez, des embouteillages silencieux de voitures électriques avec en moyenne 1,3 passager à leur bord. Le rêve ! Eh oui, la voiture électrique reste une voiture comme avant : trop grosse, trop lourde, trop puissante pour les usages qu'on en fait. Décevant comme révolution !

dans d'autres pays. Prenons la Grande Bretagne par exemple, où les trois quarts de la production d'électricité viennent de sources fossiles. Là-bas, la voiture électrique consomme plus d'énergie fossile que la voiture thermique, et a donc un impact carbone plus négatif. La sagesse aurait voulu qu'elle y soit interdite...

### 400 kg de batteries

Il y a par ailleurs un autre aspect souvent omis concernant la voiture électrique : son énergie grise de production. Une masse de 400 kg de batterie avec une durée de vie maximale de dix ans, ça a forcément des impacts. Une étude de l'ADEME montre qu'à la production, la voiture électrique consomme deux fois



## Le rendement d'un moteur, d'une voiture, d'une centrale...

Quelques données de base sur le rendement, histoire de ne pas se faire larguer trop vite par les arguments des inconditionnels de la « voiture propre ». Le rendement : c'est le rapport de l'énergie utile sur l'énergie consommée. On a le rendement idéal quand ce rapport approche de 1 (c'est-à-dire de 100 %). Idéal inaccessible bien sûr.

Le rendement d'une voiture : ça n'est pas seulement le rendement du moteur, c'est celui de l'ensemble du véhicule, et il est assez faible, l'essentiel de l'énergie consommée de nos voitures actuelles étant perdue sous forme de chaleur.

Rendement d'une voiture thermique : il est très faible, de l'ordre de 16 % pour un moteur essence, et de 19 % en diesel. Les constructeurs automobiles vous parlent de 30 % ou plus : ils se basent sur un fonctionnement dans des conditions optimales, donc jamais réelles. Et ils entretiennent la confusion entre rendement du moteur et rendement global du véhicule.

Rendement d'une voiture électrique : assez élevé (de l'ordre de 72 %), du fait du très bon rendement de son moteur, capable d'utiliser presque en totalité l'énergie que lui fournit la batterie pour la mise en mouvement du véhicule. Revers de la médaille : on ne peut pas compter sur les pertes sous forme de chaleur pour le chauffage du véhicule en hiver.

Rendement d'une centrale électrique : il n'est pas énorme, du fait qu'environ les deux tiers de l'énergie dépensée pour la produire sont perdus sous forme de chaleur et dans le transport. Ce rendement est de l'ordre de 36 % pour les centrales thermiques, et de 27 % pour les centrales nucléaires. La faible performance de ces dernières s'explique par la grande complexité du système.





L'énergie 100 % propre et inépuisable n'étant pas encore à portée de main, ce n'est pas tant la nature de l'énergie nécessaire à la propulsion qui compte, mais la réduction drastique de sa consommation. Et pour cela il n'y a pas 36 solutions si on souhaite continuer à se déplacer autant qu'aujourd'hui. Inévitablement, il faudra fortement réduire l'embonpoint de la voiture individuelle telle que nous la connaissons !

Alors, tous à l'électrique en 2040 ? Ça se discute...

## Le VAE consomme 30 fois moins

Oui, mais d'ici là on aura fait des progrès ! On y travaille effectivement. Dans

les écoles d'ingénieurs, de jeunes chercheurs relèvent des défis en concevant des voitures électriques qui consomment extrêmement peu. Compactes, légères, avec des roues très fines, elles tendent asymptotiquement vers... le vélo !

Tiens, on l'avait oublié celui-là ! D'autant qu'on peut maintenant facilement le doter d'un moteur électrique. D'une puissance de 250 W, contre 65 kW pour une voiture électrique courante. Certes, le vélo à assistance électrique carbure en partie au nucléaire lui aussi, mais en consommant 30 fois moins que sa grande sœur à quatre roues qui pèse une tonne et demie. Trente fois moins ! Ce n'est pas une révolution ça ? Et puis il occupe extrêmement peu d'espace, il

est très abordable financièrement, il est bon pour la santé de son utilisateur, et il est très peu dangereux pour les autres usagers. Pourquoi ne défraie-t-il pas la chronique ? Qu'attend-on pour lui donner dès maintenant la place qu'il mérite ?

Pourtant, 50 % de part modale des déplacements dévolue au vélo en 2040, c'est un objectif réaliste qui aurait de la gueule tout de même !

Jérôme Fraisse

