

LA VOITURE ELECTRIQUE

*EST-ELLE UNE REPONSE ADAPTEE AU PROBLEME DE
DEVELOPPEMENT ET DE MOBILITE DURABLES ?*



HELENE DESOBEAU

PIERRE FALCONNIER

FABIEN LOCATELLI

- ENTPE 59 G7 -

Introduction

Contrairement aux idées reçues, la voiture électrique comme la voiture hybride, est loin d'être une nouveauté du troisième millénaire. En effet, alors que les recherches débutent dans les années 1830, c'est en **1884** que Thomas Parker construit la première carriole électrique. C'est alors un succès croissant jusqu'en **1908** où apparaît un modèle de voiture à essence la Ford T, plus autonome, plus rapide et deux fois moins cher. On est alors passé de un tiers des immatriculations en 1900 à 0,44% en 2010, voitures hybrides comprises.

Très rapidement, la voiture à essence ou diesel s'est imposée comme étant l'outil indispensable pour se déplacer et montrer sa richesse. Puis cet engouement a mené la voiture à devenir un outil indispensable à la vie de tous les jours. Ainsi, face à l'explosion du nombre de voiture, dès **1966**, le congrès américain recommande la production de véhicule électrique afin de diminuer la pollution de l'air. Cela sera suivi du choc pétrolier de **1973** qui pousse à acheter électrique. La Californie vote en **1990** le Zero Emission Vehicle (ZEV), qui prévoit que chaque constructeur devra compter 2% de véhicules verts dans ses ventes en 1998 pour être autorisé à commercialiser ses autres voitures. Mais ce n'est qu'en **1997** que la Toyota Prius connaîtra un succès avec 18 000 exemplaires vendus au Japon la première année. Puis malgré de belles avancées technologiques, c'en suit un déclin de l'automobile électrique qui reste moins performant.

Le développement durable implique de repenser la mobilité d'aujourd'hui. Celle-ci doit satisfaire les besoins des ménages et des entreprises tout en respectant l'environnement, en garantissant l'équité sociale et en favorisant la croissance économique. De plus la raréfaction du pétrole annoncée impose de nouvelles contraintes. Dans ce contexte, la voiture électrique semble aux premiers abords une solution prometteuse avec ses qualités environnementales évidentes et son fonctionnement sans énergie fossile. Nous nous demanderons si c'est pour autant une bonne réponse au développement durable. En effet est-elle vraiment écologique ? Peut-elle garantir la croissance économique ? Ne va-t-elle pas renforcer les inégalités de mobilité ? Qui a les moyens de développer cette technologie ?

I. ENJEUX ECONOMIQUES

A. Un prix trop élevé pour les consommateurs, les solutions.

Les dépenses représentent une grosse partie du budget des ménages. Le véhicule électrique a connu ses déclin entre autre à cause du fait qu'il coûtait trop cher à l'achat par rapport à la solution du véhicule à essence. Cependant, en ces temps où le pouvoir d'achat reste une préoccupation majeure pour les européens, il permet de réaliser certaines économies : il est **peu coûteux en carburant** puisqu'il suffit de **2€** d'électricité pour recharger une voiture citadine ayant une autonomie de 185 km. De plus, le coût de **l'entretien** est **moindre** de 30 à 40% puisqu'il n'y a pas de vidange à effectuer, que le système interne est simplifié et de surcroît que les pannes sont 3 fois moins fréquentes. Vient s'ajouter à cela 5000€ de **bonus écologique** versé par l'Etat à l'acheteur d'un tel véhicule. Ce qui coûte donc le plus cher dans un tel véhicule est la batterie. C'est la raison pour laquelle les constructeurs prévoient dans les années à venir de louer les batteries de leurs véhicules. Par exemple le constructeur Renault louera une batterie échangeable 100€ par mois, ainsi le coût sera réparti sur la durée de vie de la voiture. Néanmoins, cette solution ne semble pas satisfaire l'opinion publique. En effet selon une enquête Cetelem sur la voiture électrique de demain, seul 37% des européens seraient intéressés par un tel mode de consommation. Cette réticence serait due notamment à l'attachement à la notion de propriété et au manque de transparence sur la fiabilité du produit. Cela pourrait changer grâce à des campagnes d'information comme celle menée sur le site internet de Renault.

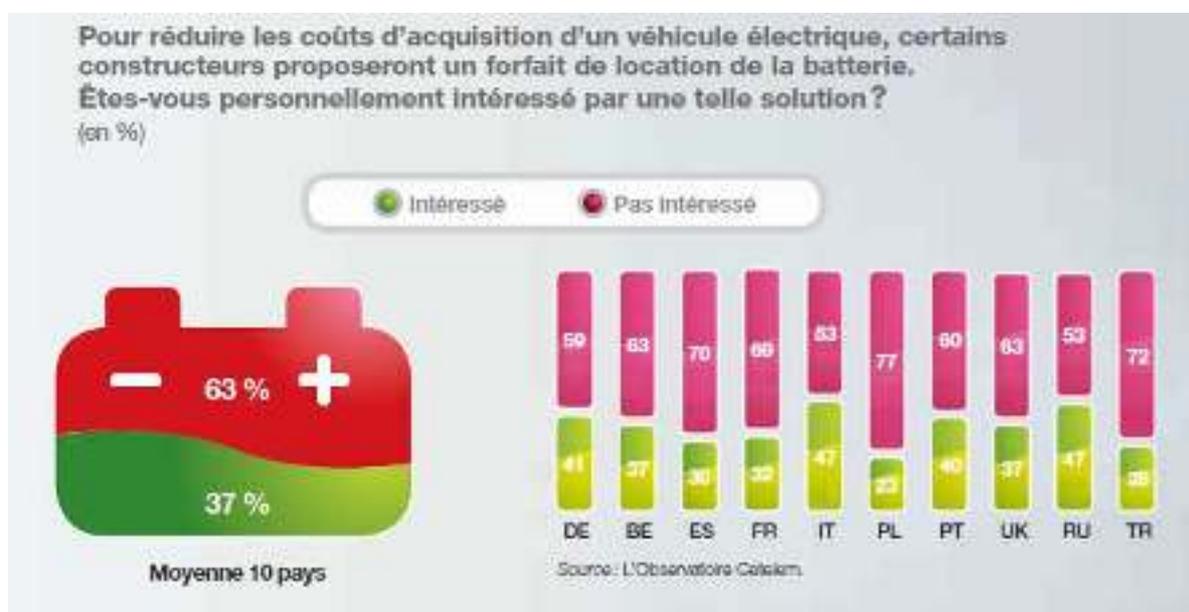


Figure 1 ▲ Enquête Cetelem

Malgré tout, le constat est alarmant. Selon toujours cette même enquête :

« L'argument écologique et la nouveauté technologique ne peuvent pas justifier un prix de vente moyen du véhicule électrique très supérieur à son équivalent thermique. Et cela pour près d'un Européen sur deux (49 %). [...] Ce ne sont pas les coûts d'utilisation moins élevés pour un véhicule électrique qui peuvent permettre de faire franchir l'obstacle du prix ».

Ainsi il va falloir faire preuve d'originalité et d'inventivité pour séduire davantage les consommateurs déjà souvent habitués aux voitures à essence.

B. Consommation de pétrole, les lobbys.

D'un point de vue des compagnies pétrolières, ils leur coûteraient cher de diminuer la vente de pétrole. En effet, cela poserait un problème pour écouler les stocks de pétrole. C'est pourquoi certaines entreprises comme Total, BP, Exxon ou Shell entendent bien jouer un rôle de distributeur d'énergie pour la voiture électrique. En effet, ceux-ci pourront mettre à contribution leur savoir-faire acquis pour prospecter du pétrole à l'étranger notamment sur la prospection des sources de lithium à travers le monde, servant à construire les batteries des voitures électriques

D'un autre point de vue, cet investissement des compagnies pétrolières dans ce type d'entreprise leur permet de garder le contrôle sur le développement des voitures électriques et ainsi de garder le contrôle sur l'écoulement de leur pétrole.

C. La voiture électrique, un gain de temps ?

A priori, avec un temps de charge de 8 à 10 heures pour une charge complète ou 30min pour une charge à 80%, la voiture électrique ne permet pas de gagner du temps par

Système Quickdrop
Dans certains pays seront installées des stations automatiques d'échange de batterie. Le client pourra, sans bouger de son véhicule, y remplacer sa batterie déchargée par une batterie chargée en 3 minutes. A ce jour, l'installation de telles stations est prévue en Israël et au Danemark, en partenariat avec Better Place.

Figure 2 ▲ Mode de recharge Quickdrop de la batterie pour la gamme des véhicules électriques Renault.

rapport à tout autre véhicule. Cependant, la batterie étant le composant se dégradant le plus vite, les constructeurs permettront dans certains pays (Danemark et Israël en ce qui concerne Renault) d'échanger la batterie une fois vide, ce qui diminue le temps de recharge à 3 minutes. Un gain de temps certain qui comble le fait que cette solution n'affecte que très peu le problème de **congestion** des routes et de saturation du parc automobile. En effet on pourrait penser que la diminution de panne, sur de grands axes par exemple, éviterait certains bouchons. Mais le point faible est l'autonomie. Ainsi les arrêts doivent être plus fréquent, jusqu'à 5 fois plus* qu'un véhicule à essence, ce qui augmenterait la congestion des stations essence et aire d'autoroute.

*En considérant un véhicule essence consommant 6L/100km avec un réservoir de 60L et une voiture électrique autonome 200 kilomètre.

D. La voiture électrique, un produit innovant ?

Par le seul fait de ne pas polluer, la voiture électrique est une nouveauté par rapport au véhicule commun qui circule aujourd’hui. Malheureusement cela ne suffit pas à rendre le produit innovant puisque la voiture électrique date de 1830 et depuis, de nombreux modèles ont vu le jour sans grand succès.



Figure 4 - Installation de borne à domicile



Figure 5 - Borne publique

Les innovations se trouveront principalement dans la manière de **recharger** le véhicule. En effet, les **stations-services** sont déjà en place mais il faudra les adapter à la distribution d’électricité en masse ou simplement à la distribution de batterie. Une adaptation de certains parkings par l’installation de **bornes**, sur les lieux de travail par exemple, sont à envisager dans le but de recharger le véhicule n’importe où et n’importe quand. Enfin une **installation à domicile** de chaque client sera à prévoir afin qu’il puisse recharger sa voiture à domicile.



Figure 3 - Système d’échange de batterie

Par ailleurs, la croissance économique est étroitement liée à l’innovation. C’est ainsi que les grands constructeurs comme Renault, BMW, Toyota et Peugeot s’investissent dans les voitures électriques développées en série pour le grand public.

II. ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

La voiture électrique se présente comme une alternative à la voiture particulière que nous connaissons tous, de manière à réduire l'impact environnemental occasionné par nos déplacements quotidiens ou non. Dans cette partie, nous allons voir quels sont les avantages et les inconvénients de la voiture électrique d'un point de vue écologique, ainsi que les possibles évolutions futures.

A. Les avantages de la voiture électrique d'un point de vue environnemental

Dans un premier temps, la voiture électrique n'émet pas directement de substances polluantes tout comme elle n'en consomme pas. En effet, on peut distinguer deux types d'émissions liées à un véhicule: les émissions liées au transfert de la source d'énergie jusqu'au réservoir (ou à la batterie dans le cas du véhicule électrique) et celles émises par le véhicule lui-même. La voiture électrique ne nécessite pas de carburant, ce qui réduit le type d'émissions du véhicule (on ne garde que les transferts de la source d'énergie jusqu'à la batterie).

	kgCO ₂ /kWh	g/km	
Mix pays	Suède	0,04	5
	France	0,09	11
	Autriche	0,2	25
	Finlande	0,24	30
	Belgique	0,29	36
	Espagne	0,48	60
	Italie	0,59	74
	Allemagne	0,6	75
	Pays-Bas	0,64	80
	Grèce	0,64	80
	Royaume-Uni	0,64	80
	Portugal	0,64	80
	Irlande	0,7	88
	Danemark	0,84	105
Luxembourg	1,08	135	
Moyenne Européenne	0,46	57,5	
Energie	Hydrolique	0,004	0,5
	Nucléaire	0,006	0,75
	Eolien	0,015	1,88
	Photovoltaïque	0,06	7,5
	Gaz naturel	0,427	53
	Fuel	0,891	111
	Charbon	0,978	122

Figure 6 ▲ *Tableau: Emissions de carbone des pays européens pour la production d'électricité [S1]*

Un autre de ces atouts réside dans le mode de conduite proposé: si l'on considère des déplacements urbains, la voiture électrique permet une conduite plus fluide, et par conséquent plus écologique. Elle peut en effet se recharger dans les descentes et lors d'un freinage, elle ne consomme pas d'énergie.

Il apparaît donc que l'usage d'une voiture électrique permet une réduction significative des émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Un autre avantage de la voiture électrique est la réduction des nuisances sonores. L'absence de bruit de moteurs permet ainsi un confort de conduite; cependant ceci pourrait augmenter le risque d'accidents de la route (piétons ou cyclistes n'entendant pas les voitures arriver).

B. Inconvénients et autres avancées dans ce domaine

A ce jour, l'utilisation de la voiture électrique est limitée. Elle permet certes de répondre à la majeure partie des besoins de déplacements quotidiens, mais ce à faible échelle; en effet sa faible autonomie et ses contraintes techniques (comme la limitation de la vitesse) ne lui permette pas de se poser en solution crédible aux problèmes de déplacements rencontrés par les usagers.

Ces derniers, soucieux pour la plupart de réduire leur empreinte écologique, se questionnent également sur le coût environnemental des batteries électriques. En effet ces dernières sont constituées de matériaux qui ne sont pas forcément renouvelables. De plus leur fabrication implique l'usage de composants polluants, les batteries d'accumulateurs contiennent des constituants nocifs pour l'environnement comme le plomb ou encore le cadmium. Néanmoins des solutions existent à l'heure actuelle pour récupérer les matériaux de la batterie, leur développement

C. Les solutions à développer

Afin de pouvoir pleinement poser comme écologique l'utilisation de la voiture écologique, il est nécessaire que l'énergie électrique consommée provienne de centrales utilisant les énergies renouvelables: centrales solaires, hydrauliques ou éoliennes. De plus, utiliser des voitures électriques permettraient de limiter le recours aux centrales thermiques et donc de diminuer leurs émissions de dioxyde de carbone, ce qui rentrerait dans les impératifs environnementaux actuels.

De manière générale, la généralisation de la voiture électrique favoriserait le développement des énergies renouvelables. La demande appelle l'offre, par conséquent l'utilisation de voitures électriques serait un moyen de forcer le déploiement des parcs de centrales à énergies renouvelables, on a cité précédemment les exemples d'énergies solaires, hydrauliques ou encore éoliennes mais il existe d'autres techniques permettant de produire de l'électricité, comme par exemple la géothermie. L'avantage de cette technologie est que les infrastructures sont d'une certaine manière déjà mises en place, mais au profit des compagnies pétrolières à l'heure actuelle, il ne reste plus qu'à «détourner» de leur but premier les espaces déjà utilisés.

Le recours aux énergies renouvelables semble donc aller de pair avec le développement des véhicules électriques. Des ingénieurs souhaitent minimiser les dépenses énergétiques liées au confort de la voiture, par exemple en gérant la température de manière écologique. Pour ce faire, on peut recourir à plusieurs systèmes, comme une climatisation assurée par une pompe à chaleur, ou encore l'installation de panneaux solaires sur le toit du véhicule.

En ce qui concerne le problème soulevé par la nature des composants des batteries, des recherches sont en cours afin de trouver des substances plus faciles à éliminer et d'un meilleur rendement, une solution serait ainsi l'utilisation de substances organiques (à base de carbone, hydrogène, oxygène, azote).

Il est à noter qu'il existe d'autres alternatives écologiques au véhicule à moteur, comme le véhicule à hydrogène, souvent présenté comme la voiture du futur. Cependant, des études montrent qu'« il sera toujours plus rentable d'utiliser l'électricité d'une vraie

batterie que de produire de l'hydrogène à partir de l'électricité pour générer à nouveau du courant dans une voiture.»

Une autre alternative, qui apparaît plus intéressante pour les usagers au sens où elle permet plus d'autonomie, est la voiture hybride. Ce véhicule utilise à basse vitesse le moteur électrique et lorsqu'on augmente la vitesse, le moteur thermique prend le relais afin d'économiser la batterie.

III. ENJEUX SOCIAUX

A. La voiture est irremplaçable.

La voiture électrique semble être une solution prometteuse car elle s'inscrit dans la continuité de la voiture individuelle. La voiture est en effet le moyen de transport privilégié en France et dans les autres pays développés (70% des distances sont effectuées en voiture). En effet, la voiture offre une liberté que nul autre moyen de transport ne peut offrir. Elle permet d'aller où on veut quand on veut avec facilité en s'affranchissant de beaucoup de contraintes. Par exemple les contraintes de temps et de déplacement du transport en commun. Elle est aussi synonyme de progrès social, de modernité et de liberté individuelle. C'est pourquoi la voiture a une place importante dans la société d'aujourd'hui où la mobilité est un facteur d'insertion sociale. La conduite est même un réel plaisir pour de nombreux automobilistes.

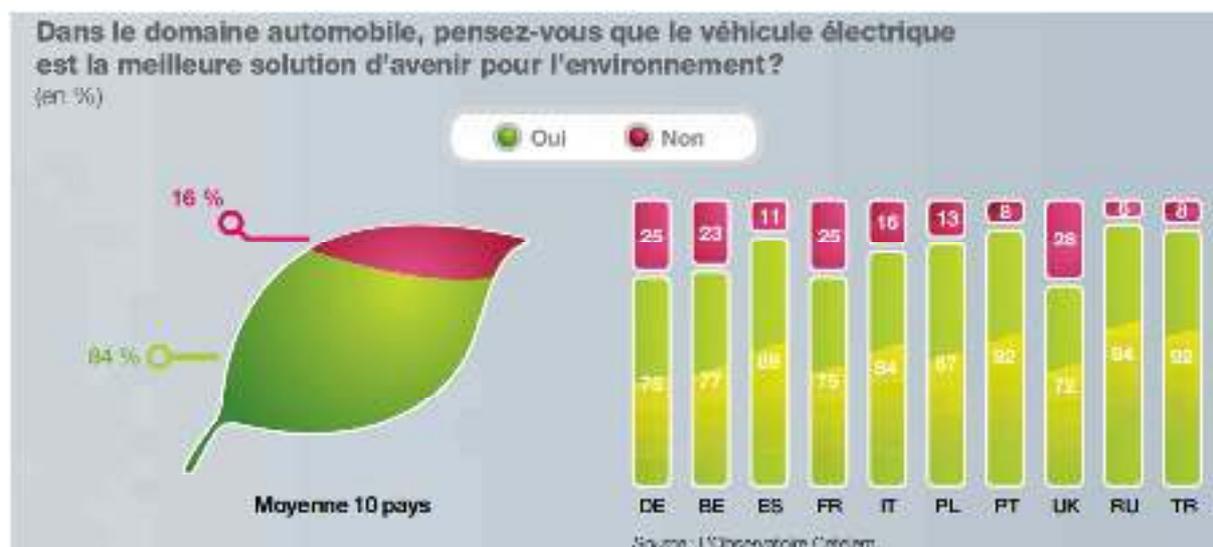


Figure 7 ▲ *Enquête Cetelem*

Il semble donc difficile d'empêcher les gens de prendre la voiture et de changer cette habitude. Les solutions comme le transport en commun ou auto-partage multiplient les contraintes et ne peuvent pas rivaliser face aux services rendus par la voiture individuelle. C'est pourquoi la voiture électrique semble être une bonne solution en n'ayant pas la prétention de changer les habitudes et les comportements mais juste en modifiant la technologie de la motorisation du premier moyen de transport.

B. La voiture électrique et équité sociale.

En 1992 au sommet de la Terre à Rio, la définition du développement durable fait aussi état du besoin de justice sociale. Dans ce cadre-là, la mobilité doit donc non seulement

répondre aux besoins de déplacements mais aussi garantir l'équité sociale. La voiture électrique répond assurément aux besoins de déplacement mais la question de l'équité est posée.

Depuis 1982, la loi LOTI affirme que la mobilité est un droit en France. Pourtant les inégalités d'accès à cette mobilité sont nombreuses. En 2008, 19% des ménages français n'ont pas de voiture. Et c'est cet accès à la voiture lié au revenu des ménages qui creusent les inégalités de mobilité. On remarque (Paolo, 2006) que lorsque l'accès à la voiture est permis les mobilités sont les mêmes entre les riches et les pauvres. La question est de savoir si la voiture électrique ne va pas creuser cet écart. En effet celle-ci a un coût d'achat important : De l'ordre de 21 000 euros (bonus écologique inclus) pour la Renault Fluence ce qui est largement supérieur aux voitures du marché actuel. Les inégalités d'accès à la voiture électrique seront donc beaucoup plus marquées et ne favorisera pas l'équité sociale. Bien au contraire cela pourrait même mettre à l'écart ceux qui n'ont pas les moyens d'acheter électrique et qui seront donc vus comme coupable de polluer par les autres automobilistes.

Mais le problème du coût d'achat est compensé par un coût de fonctionnement plus faible. Les prévisions montrent que le coût en électricité sera trois fois moins élevé que les dépenses de carburant et les frais d'entretien seront entre 20 et 50% moins cher d'après les spécialistes. Ceci permet donc de diminuer la précarité énergétique des ménages qui ne parviennent que difficilement à faire face aux envolées du prix du pétrole.

C. Faire évoluer les mentalités.

Malgré le fait que la voiture électrique s'inscrive dans la continuité de la voiture individuelle, le passage entre les deux ne semblent pas si facile. En effet les sceptiques sont nombreux. Seulement 43% des français sont prêts à envisager l'achat d'une voiture électrique (source L'observatoire Cetelem). Mais ce n'est pas le cas dans tous les pays, notamment en Russie et en Turquie.

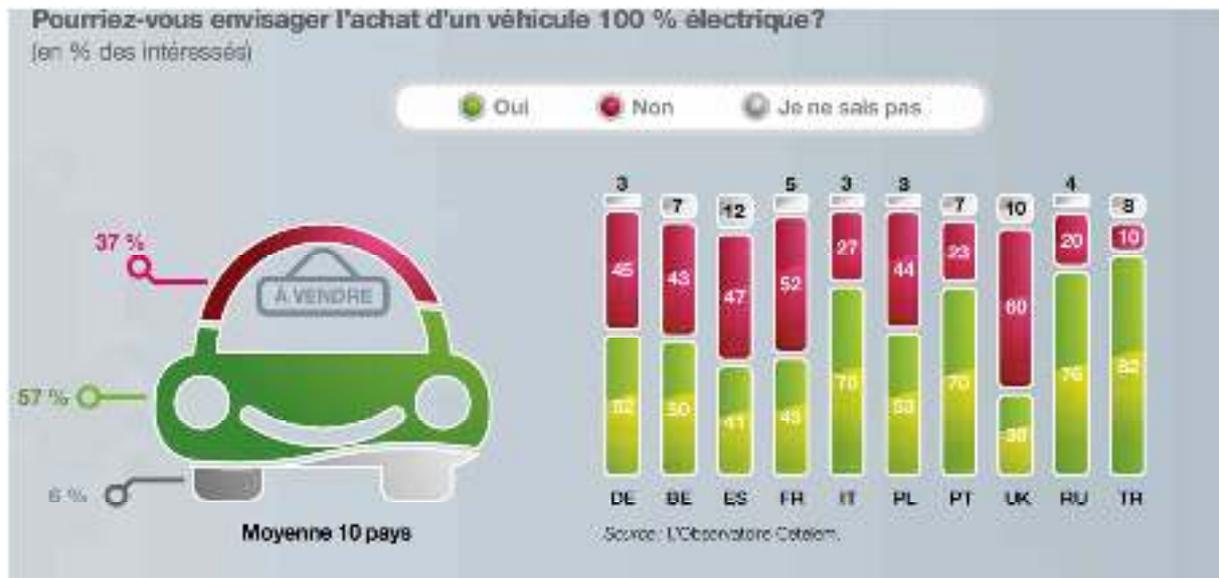


Figure 8 ▲ Enquête Cetelem

Le premier frein est bien sur le prix. Pour un même type de voiture le coût électrique est d'environ de 30% (Renault Fluence à 21 000 euros (bonus écologique compris) et Renault Clio à 16 000 euros). Et cet effort là les gens ne sont pas encore prêts à le faire :



Figure 9 ▲ Enquête Cetelem

Mais hormis ce problème du prix il y a un réel manque de connaissance du produit. Le coût de fonctionnement reste très flou, tout comme le coût d'entretien. Les batteries sont des technologies nouvelles qui n'ont pas encore fait leur preuve ce qui peut repousser les consommateurs. De plus l'autonomie peut paraître très courte face à un plein de voiture et les stations de recharge ne sont pas encore très déployées. Face à ces nombreux inconnus le consommateur potentiel hésite. C'est là qu'entre en jeu le rôle de la gouvernance.

IV. ENJEUX DE GOUVERNANCE

C'est le rôle des institutions et du gouvernement que de mettre en place des politiques afin de promouvoir la mobilité durable. Dans ce but, le Grenelle de l'environnement a défini une stratégie de développement de la voiture électrique en réunissant tous les acteurs de la filière : constructeurs automobiles, collectivités locales, producteurs et transporteurs d'électricité, gestionnaires de parkings et l'état. Avec ce Grenelle l'état montre clairement son ambition de promouvoir la voiture électrique et se donne les moyens de réussir avec des décrets mis en place pour favoriser son déploiement. L'état investit aussi lourdement. En février 2010 il a par exemple fait un prêt à Renault à hauteur de 100 millions d'euros pour développer la Renault Zoé il soutient aussi la recherche et le développement en France avec un budget de 750 millions d'euros.

Mais non seulement il faut développer la technologie et les infrastructures mais il faut aussi assurer la promotion envers les consommateurs potentiels. Le but est ici de les inciter à faire le pas vers l'électrique. Afin de promouvoir les véhicules électriques en France, une solution pour baisser le coût à l'achat d'un véhicule non polluant a été instaurée par le gouvernement avec le Grenelle de l'environnement de 2007 : le système de bonus et malus écologique. Ainsi pour un véhicule tout électrique, 5000€ de bonus seront versés par l'Etat à l'acheteur contre 3600€ à déboursier en plus à l'Etat pour un acheteur de véhicule très polluant. De cette manière l'état essaye de rendre plus compétitif l'électrique à l'achat.

Taux de CO2/km	Montant du bonus en 2012
50g et moins	5 000 €
entre 51 et 60g compris	3 500 €
entre 61 et 90g compris	400 €
entre 91 et 105 g compris	100 €

Figure 10 ▲ Montant du bonus écologique en fonction du taux d'émission de CO2 par kilomètre.

montrer que vivre avec une voiture électrique est possible. Ce n'est qu'avec une grande campagne de sensibilisation que les consommateurs oseront franchir le pas.

D'un autre côté les constructeurs eux-mêmes font un gros travail de sensibilisation auprès des consommateurs potentiels. Sur son site internet (www.renault-ze.com), Renault multiplie les vidéos d'explication sur la batterie, l'autonomie, l'entretien et le coût afin de rassurer et de répondre aux nombreux doutes des français. Le but est de casser les fausses idées reçues et de

SOURCES



<http://www.voitureelectrique.net/tag/renault-zoe>

<http://www.voitureelectrique.net/tag/bmw>



<http://www.renault-ze.com/fr-fr/ma-vie-electrique/video-prix-81443.html>



<http://www.voiture-electrique-populaire.fr/enjeux/> [S1]



<http://observatoirecetelem.com/medias/pdf/france/2012/observatoire-cetelem-de-l-automobile-2012.pdf>

Annexe

Prix de location Z.E.
(hors batteries) :
21 300 € TTC *
(5 000 € de bonus écologique déduits)

Loyer de la batterie associé:
82 € TTC* / mois**
(36 mois, 10 000 km/an)

> Configurer

> Réserver un essai

> Demander une brochure

* Prix Public Conseillé

** Conditions complètes (im additionnels, prolongation, réutilisation anticipée) précisées au moment de la commercialisation.

PLAISIR DE CONDUIRE



DYNAMISME:
L'électrique a du caractère ! Faites l'expérience de sa puissance d'accélération inédite, grâce à la disponibilité immédiate du couple maximal.



SOUPLESSE:
La conduite électrique, c'est aussi l'expérience d'une conduite zen, souple et fluide avec l'absence de passage de vitesse.



DISCRETION:
Retrouvez la sérénité au volant avec l'expérience unique de la conduite tout en silence.

> Essayez-la !

Z.E. BOX



- > Z.E. CAR : Redécouvrez le plaisir
- > Z.E. BATTERIE : Choisissez la formule qui vous va le mieux
- > Z.E. CHARGE : Chargez en toute simplicité
- > Z.E. SERVICES : Bénéficiez d'une prise en charge totale

> En savoir plus

- > **Motorisation**
Moteur électrique 70 kW (95CV)
- > **Autonomie MEDC cycle mixte**
185 km
- > **Charge batterie**
1 trouee de recharge sur table avant gauche
1 trouee de recharge sur table avant droite
Système Quicktop (système de charge instantané en la toiture)

CARACTÉRISTIQUES

Type véhicule :	Berline Familiale
Longueur :	4 745 mm
Largeur :	1 813 mm
Puissance Motor :	70 kW (95CV)
Couple :	226 Nm
Vitesse maximale :	136 km/h
Nombre de places :	5 places
Poids à vide :	1543 kg
Taille coffre :	317 l
Transmission :	Type automatique
Type Batterie :	Lithium-ion
Emplacement des batteries :	Vertical arrière
Autonomie MEDC :	185 km

MOTORISATION

Emissions
Électrique : zéro émission de CO₂ à l'utilisation, hors pièces d'usure

Emissions totales "du puits à la roue"
(liées à la production d'électricité selon les mix énergie France)
Fluence Z.E. : 72 g CO₂/km par rapport à une Fluence dCI 85 : 136 g/km