



### **VOITURE ÉLECTRIQUE URBAINE : UN BILAN SOCIAL POSITIF, MAIS UNE FISCALITÉ INADAPTÉE**

*Georges Honoré*

L'évaluation du coût des nuisances de la route, réalisée par la Commission des comptes des Transports de la Nation\*, attribue au véhicule électrique urbain de nombreux avantages en matière de suppression du bruit, de la pollution et de l'effet de serre.

Ce mode de transport va-il émerger prochainement? Les avantages pour l'utilisateur ne sont pas évidents, surtout avec le gazole.

Pour la collectivité, le bilan semble intéressant malgré des pertes fiscales importantes avec le super, mais modérées avec le gazole, mettant ainsi en relief les contradictions de la fiscalité pétrolière.

#### **Vaste marché pour les déplacements de proximité**

La voiture électrique, bien que limitée par son faible rayon d'action dû aux poids des batteries, semble disposer d'un marché considérable. La deuxième voiture représente déjà plus du quart des véhicules.

Sur longue distance, avec trois trajets de plus de 200 km par an (cf. Sécodip), on ne peut que constater la faible fréquence des déplacements lointains. Hormis les déplacements professionnels, ces longs trajets se limitent aux week-ends et aux départs en vacances. Or, parmi les 6% des français qui partent en week-end, seuls 1% vont à plus de 100 km, et un tiers des français ne partent pas en vacances.

Pour leurs déplacements quotidiens, 88% des français sont à moins de 20 km de leur lieu de travail (cf. enquête transport 81). Entre 2 et 20 km du lieu de travail, la voiture assurerait 78% des déplacements, le reste se répartissant entre les transports collectifs (13%) et les 2 roues (8%). Au-delà de 20 km, les transports collectifs assurent les 2/3 des déplacements domicile-travail, soulignant la réticence des usagers à conduire plus d'une heure par jour.

Ainsi, la voiture est surtout utilisée dans la vie quotidienne, comme le confirme la percée des petits modèles. Le marché d'un véhicule à rayon d'action limité semble vaste. Mais examinons d'un peu plus près les contraintes du véhicule électrique.

D'un point de vue technique, les performances du véhicule électrique sont connues, et dépendent pour l'essentiel de la batterie.

#### **Le plomb reste incontournable**

A l'heure actuelle, seule la filière des batteries au plomb en est au stade industriel (20 milliards de F. de chiffre d'affaires). Les batteries au cadmium-nickel, déjà utilisées pour leur légèreté sur les avions, peuvent investir le marché potentiel du véhicule électrique. Mais cette filière ne peut remplacer le plomb. L'extraction de cadmium, produit résiduel de la fabrication de zinc, ne dépasse pas 20 000 tonnes par an, limitant la production mondiale de véhicules électriques à 300 000 unités.

De plus, son coût restera incertain en raison des fluctuations des cours du nickel et du cadmium. Certes, avec la production en série, les constructeurs espèrent baisser le prix des batteries d'environ 4 000F/kWh actuellement à 2 000F/kWh. Les deux filières auraient alors des rendements économiques assez proches, du moins en théorie, car la durée de vie réelle des batteries reste incertaine.

## VOITURE ÉLECTRIQUE

**Le Nickel-Cadmium  
intéressant pour  
tester le marché**

Tableau 1 - Coûts comparés des batteries au plomb et au nickel-cadmium

	kWh (Pb)	kWh (Cd/Ni)	gain Cd/Pb
puissance/capacité (kW/kWh)	2,5	4	1,6
capacité de stockage*	33-22Wh/kg	52-38Wh/kg	≠1,7
poids du kWh stocké (en sortie de batterie)	30-45 Kg	19-26 Kg	≠1,7
prix des accus au kWh stocké (a)	800F*	2000 à 4000F	>3
Durée de vie (nb de cycles de recharge) (b)	800 à 1000c	1500 à 2000c	≠2
taux de charge "utile" par cycle (c)	70%	80%	0,9
<b>prix de la batterie au kWh utile (a/bc)</b>	<b>1,3F</b>	<b>&gt;1,3F(2,5F*/loc)</b>	<b>&gt;1 (≠2)*</b>
<b>prix aux 100 km (15kWh / voiture=900kg)</b>	<b>20F</b>	<b>&gt;20F (37F en location)*</b>	

(\*) Pour le lancement des préséries de PSA en 1995, on cite un prix de location des batteries Cd/Ni de 600 F. par mois, soit 25 F. par jour ouvrable. Pour un usage intensif de 75 km ou 10 kWh par jour, le prix serait de 2,5 F. par kWh, ou 37F au 100 km, soit environ 2 fois plus que le plomb.

Même pour les batteries au plomb, le prix reste incertain, en l'absence d'un véritable marché. On peut actuellement trouver des batteries au plomb à 600 F. le kWh, mais leurs performances seraient inadaptées. Les différences de performance au stockage soulignent la différence entre les annonces des constructeurs de batteries et le poids réel des accus testés actuellement à La Rochelle.

Face à ces incertitudes, retenons que le marché directeur reste celui des batteries au plomb, l'autre filière étant un appoint intéressant pour de petites séries, mais qui devra être relayé à plus long terme.

Afin de compenser son surcoût, les batteries au Ni-Cd ont des avantages en matière de poids, de puissance, et surtout de fiabilité au froid, et en cas de décharge. Ils souffrent de quelques petits handicaps comme la difficulté de mesure du taux de charge et l'appoint en eau. De plus, le recyclage des batteries devra être obligatoire, car le plomb, et surtout le cadmium, sont des produits toxiques.

Pour le plomb comme le cadmium, il faut noter que le coût dépendra de la durée de vie réelle des batteries, qui peut être très différente de celle des tests en laboratoire. Cette durée de vie variera selon l'usage qui sera fait de la voiture. A priori, un usage régulier de type domicile-travail semble optimal.

On peut négliger le problème du réseau de stations de recharges rapides. En effet, ces recharges dites rapides restent très fastidieuses. Il faut 5 minutes pour stocker de quoi rouler 10 km, et ceci pour un prix élevé dû au coût des bornes de secours et au prix de l'électricité aux heures de pointe. Certes, EDF semble subventionner l'installation de ces bornes dans les villes pilotes. Mais la recharge normale se fera chez soi, de préférence la nuit. En cas de décharge inopinée, un réseau d'échange de batteries chez les pompistes semble facile à mettre en place.

En conclusion, les inconvénients du véhicule électrique restent importants, surtout si l'on y ajoute la difficulté de chauffage (1 kW réduirait le rayon d'action de 15 % l'hiver) et l'encombrement des batteries.

**La traction  
électrique a de  
nombreux  
inconvénients**

**Un litre=2 kWh,  
soit 40kg de Ni-Cd  
ou 70 kg de Plomb**

Calculons maintenant le coût total TTC de l'énergie électrique pour l'utilisateur. Prenons une petite voiture urbaine classique, légèrement allégée dans sa carrosserie, dotée d'un moteur de 30 kw de puissance, et d'un poids à vide de 900 kg. Avec 300kg de plomb ou 200kg de batteries au nickel-cadmium, sa capacité de stockage sera de 10 kWh, et elle pourra rouler en ville de 70 km à 100 km selon les conditions de la circulation, soit de 2 à 3 heures. Son rayon d'action sera de 40 km en ville, d'un peu plus si l'on dispose d'une prise de charge sur le lieu de travail, voire de 90 km pour accéder à sa résidence secondaire en week-end.

Les essais ont montré qu'un litre d'essence pouvait se remplacer, en usage urbain, par 2 kWh en sortie de batterie, et ceci quelques soient les prototypes (les voitures consomment 2 fois moins au km, mais le ratio reste le même). De plus, il faut ajouter une perte à la charge de 30% pour obtenir le coût EDF (cf. J. Orselli - Paradigme-1992).

Comme le montre le tableau 2, la différence de coût est faible pour l'utilisateur.

**Moins chère  
que l'essence,  
l'électricité rivalise  
mal avec le gazole**

Tableau 2 - Coûts comparés de l'énergie pour un véhicule urbain (en F/100km ou c/km)

	Pb	Ni-Cd	Super ss Pb	Diésel actuel	Urbain futur
Consom.urbaine au 100km (4CV) prix unitaire (EDF ou pompe TTC)	(15kWh=20 kWh EDF) <sup>1</sup> (0.5F par kWh) <sup>3</sup>		7,2 litres <sup>2</sup> 5,30F	5,3 litres <sup>2</sup> 3,80F	4 litre ? 3,80F
Coût de l'énergie (en charge lente)		(10F)	38F	20F	16F
Amortissement batterie (cf tab 1)	20F	>20F (37F) <sup>5</sup>	-	-	-
<b>Coût usager TTC F/100km(=c/km)</b>	<b>30F</b>	<b>&gt;30F (47F)<sup>5</sup></b>	<b>38F</b>	<b>20F</b>	<b>16F</b>
<i>dont taxes spécifiques<sup>4</sup></i>	<i>1 (taxes locales EDF)</i>		<i>28F</i>	<i>12F</i>	<i>10F</i>
Gain / Super en F (ou c/km) TTC	+8F	nul?	-	+18F	+22F
Coût hors taxes specif. <sup>4</sup> F (ou c/km)	29F	>29F (46F) <sup>5</sup>	10F	8F	6F

(1) Un litre d'essence représente 10 kWh en énergie "totale", mais compte tenu du cycle de Carnot, il ne génère plus que 4 kWh dans une centrale électrique conventionnelle (coeff=0,222 Tep par kWh), et 2 kWh dans un moteur à explosion en régime urbain.

Le gazole améliore les rendements de 30%, soit 2,6 kWh par litre. On pourrait porter ce rendement à 3,5 kWh pour des véhicules urbains spécialisés (cf. 5° colonne du tableau - véhicule urbain futur).

(2) Les consommations de carburant ici présentées sont cadrées sur les consommations observées des véhicules récents du panel Sécodip.

(3) En octobre 93, le kWh coûte 0,43F en heures creuses, et 0,75F TTC en heures pleines. Le coût de 0,5 F. correspond donc à une charge réalisée à 80% en heures creuses.

(4) sur la base d'un prix de 1,30 F. H.T. par litre (gazole ou essence), soit 1,5 F. y.c. TVA normale à 18%. On pourrait aussi faire le calcul sur une base de 2F par litre, en cumulant TVA et TIPP moyenne

(5) sur la base des prix de location du tableau précédent (600F par mois)

**Ainsi, pour l'utilisateur, le gain T.T.C. serait de 8 centimes au km par rapport à l'essence pour une batterie au plomb. Il est plus incertain pour une batterie au Nickel-Cadmium. Le bilan devient négatif par rapport au diésel.**

De plus, il faudrait comparer le véhicule expérimental électrique avec des prototypes urbains à carburant, car les moteurs actuels sont inadaptés à la circulation urbaine. Le bilan serait alors très négatif.

**Produite en série,  
la voiture  
électrique devrait  
être moins chère**

Effectuons maintenant un bilan des **autres dépenses de l'utilisateur** :

Une petite voiture coûte environ 1,50 F/km (achat=50c, dont moteur=12c; carburant=40c; garage=15c; assurances=20c; entretien-réparations=15c; divers=5c).

Sur la base de petites séries industrielles de 5 à 10 000 véhicules par an, objectif certes optimiste, mais conforme aux annonces actuelles de PSA pour les 5 ans à venir, les économies entre véhicule électrique et à essence peuvent être estimées très approximativement à :

-25% sur le prix du moteur, soit **-3 c/km**.

-20% sur la durée de vie du véhicule, soit **-7 c/km** (cf. COST 302).

-40% sur l'entretien (cf. Cost 302), soit **-6 c/km** (usure des pneus -1c, réparations du moteur -5c, vidanges -4c, entretien des batteries +4c).

Mais des surcoûts pourraient concerner :

-les assurances, de **+1 c/km (Pb) à +4 c/km (Cd-Ni)**, afin de garantir les batteries contre le vol et les accidents. Cependant, les risques pourraient diminuer, avec une conduite plus douce et un stationnement de nuit en garage.

-le coût du garage de **+10 c/km**. Mais, dans un premier temps, on peut le négliger. Seuls les ménages ayant un parking privé achèteront une voiture électrique.

Pour une voiture électrique produite en série, **un gain de 15c par km semble possible**, hors frais de garage (10c/km). Mais le surcoût des petites séries risque d'annuler ce gain à court terme.

**Des gains notables  
sur les nuisances**

Evaluons maintenant les **gains sur les nuisances**, sur la base des estimations du rapport de la Commission des comptes de transports de la nation :

-Pour le **bruit**, on gagnerait 1c/km pour l'essence et 2c/km pour le gazole (30% aux voitures sur 0,1% du PIB=2,1 MdF, soit pour 100 Md/km en urbain, 2c/km, minoré de 30% pour les petits véhicules, et ventilé par carburant).

-Pour la **pollution de proximité**, on gagnerait 6c/km pour l'essence et 4c/km pour le gazole (0,2% du PIB=15MdF; avec 15 MTep en urbain=1F/litre).

## VOITURE ÉLECTRIQUE

-Le gain sur l'effet de serre est incertain. Certaines études internationales lui imputent jusqu'à 10% du PIB (cf. étude OCDE 1993-Quinet). Dans le rapport de la commission des comptes, il est limité à 1% du PIB. Au-delà, en effet, la traction électrique généralisée serait rentable. Sur cette base, le véhicule urbain apporterait un gain maximal de **10 c/km**(gazole) à **15c/km**(essence) (70 MdF pour 140 Mtep=50c par litre).

Négligeons les autres gains (stationnement, indépendance énergétique, urbanisme sous-terrain sans ventilation), et dressons le bilan global de la voiture électrique.

Tableau 3 - **Récapitulation des gains d'un petit véhicule urbain** (en centimes / km)\*

	Gains / usager		TOTAL usager TTC	Gain / nuisances** Bruit + pollution +(effetde serre)	TOTAL usagerTTC + nuisances	Perte fiscale
	Achats+usages -(garage)?	Energie				
électrique						
/super	15-(10)?	8	23 (13)	7 + (15)?	≠30 c/km	-26
/essence	15-(10)?	-10	5 (-5)	6 + (10)?	≠10 c/km	-10

**Un bilan social positif pour la collectivité...**

Le bilan social est intéressant, de l'ordre de 15 centimes par km, soit 30% du prix d'achat du véhicule. Le bilan global TTC pour les ménages semble encore meilleur, avec un gain de 10 à 30 centimes par km. Mais il ne dépend que de la fiscalité.

**... et négatif pour le fisc...**

Or, les pertes fiscales de 10 centimes (gazole) à 26 centimes (essence) devront être compensées par d'autres impôts. Notons cependant qu'un report du trafic automobile sur les transports collectifs urbains est bien plus onéreux pour la fiscalité.

Notons surtout qu'un alignement de la fiscalité du gazole sur celle du super rendrait la voiture électrique compétitive. Or, la détaxe de 16 c/km du gazole par rapport au super n'entraîne qu'un gain minime sur les nuisances, de 1c/km à 6 c/km (y.c. effet de serre).

**...mais très incertain pour l'usager**

Pour l'usager, le bilan reste médiocre, compte tenu de la perte d'autonomie du véhicule. Cependant, gardons-nous de conclusions trop rapides.

En effet, d'après ce bilan, les usagers ne devraient rouler qu'au gazole. Si le super résiste, c'est probablement pour des raisons de confort (insonorisation, nervosité du moteur, ...), voire suite à de faux calculs (en particulier, le mythe persistant d'un kilométrage minimal nécessaire pour "amortir" le surcoût du diesel, alors que sa seule longévité suffit à le rentabiliser). Ces mêmes usagers peuvent donc être sensibles à la disparition du bruit et des gaz d'échappement d'une voiture électrique, voire à des arguments simplistes sur la "gratuité" de l'électricité.

**Un marché urbain très limité**

Ce marché va-t-il émerger naturellement ? Certes, le seuil de la production en série de ces véhicules est assez bas, surtout si l'on se place dans le cadre d'un marché européen et mondial. Mais, au-delà des effets d'annonces, nombreux en ce moment sur la voiturette urbaine de luxe (cf. Mercedes -Swatch, Zoom de Renault...), il n'est pas certain que les constructeurs automobiles prennent ce risque.

En se limitant aux seuls banlieusards (30% des ménages) disposant de deux voitures (25%), d'un pavillon (50%), et allant travailler chaque jour à plus de 10 kilomètres (30%), le marché potentiel semble très étroit (2% du marché?).

Il est de plus inquiétant que la traction électrique n'ait pas déjà investi certains créneaux a priori plus faciles (tondeuses à gazon, utilitaires, bus, motocycles,..).

Une percée est donc possible, mais elle restera marginale à court terme.

**Vers des véhicules mixtes?**

A plus long terme, les constructeurs automobiles, conscients de l'étroitesse du marché, étudient des options mixtes associant des batteries et un petit moteur classique ou à turbine, ceci afin de rendre au véhicule électrique son autonomie sur route. Cette option mixte semble prometteuse, et la transition avec les véhicules actuels pourrait se faire en douceur. Mais la fiscalité et les péages divers devront être très sélectifs, si l'on veut inciter les usagers à rouler sur leurs batteries en ville. ■