

LE MARCHÉ POUR LES VÉHICULES ÉLECTRIQUES : IL NE SUFFIT PAS DE SE DEMANDER COMBIEN NOUS EN VENDRONS

par Martin E.H. Lee-Gosselin
Thomas S. Turrentine
Bruno Faivre D'Arcier

Depuis le début des années 90, le Québec et le Canada ne sont pas étrangers à une nouvelle vague internationale d'investissements dans le développement des véhicules électriques. La rentabilité potentielle de ces investissements est inconnue en partie à cause d'un manque de connaissance sur la réceptivité éventuelle du consommateur. Dans cet article, nous résumons plusieurs efforts des chercheurs américains, français et québécois pour enrichir cette connaissance, plus particulièrement en explorant de quelles façons le consommateur exploiterait un véhicule électrique. En effet, nous pensons que, sans une telle exploration, les estimations de la taille du marché sont très discutables.

Nous commençons par une brève discussion sur la nature des véhicules électriques et les dilemmes concernant leur commercialisation. Nous abordons ensuite les recherches, sur le marché potentiel de la commercialisation d'une nouvelle technologie (ou les recherches de "pré-marché"), entreprises en Californie et dans la région Rhône-Alpes en collaboration avec l'Université Laval et nous concluons avec une réflexion sur la possibilité de poursuivre une recherche similaire en situation nordique.

L'état de la question

Le véhicule électrique, quel véhicule électrique ?

Il est tout d'abord important de souligner que le terme véhicule électrique implique une vaste gamme de produits qui sont déjà en production ou à l'étape du prototype, incluant automobiles, camions légers, autobus urbains, motocyclettes et véhicules spécialisés. Cette liste n'est pas finale puisque la propulsion électrique est une voie prometteuse pour le développement de nombreux types de véhicules, quelque soit la source mobile de l'énergie: batterie, pile à combustible, générateur à essence ou générateur au diesel.

Les images des produits constituent une source de difficultés pour les études de marché, car elles présentent

à la fois une longue histoire et une récente évolution rapide. Il est utile de rappeler que les véhicules électriques existent depuis longtemps. En effet, les véhicules électriques étaient répandus au début du siècle jusqu'à l'amélioration de la technologie des véhicules à essence qui ont dominé le marché après 1914. Plus récemment, il y a eu un regain d'intérêt pour le véhicule électrique à cause des préoccupations environnementales, de la pollution de l'air dans les régions urbaines, de l'effet de serre et des déséquilibres d'échanges internationaux entraînés par les importations de pétrole. D'ailleurs, les développements technologiques récents qui rendent les véhicules électriques beaucoup plus performants sont impressionnants, particulièrement en ce qui concerne les systèmes de

contrôle informatisés. En effet, certains experts envisagent une révolution de l'industrie automobile par la propulsion électrique dans quelques années.

Le consommateur potentiel associe peut-être le véhicule électrique à des véhicules à faible performance et de peu d'autonomie, telles les voiturettes de golf, mais il voit de plus en plus les images d'une gamme de prototypes et de modèles aussi différents que les voitures ultra-légères avec des panneaux solaires, les automobiles bricolées par les "inventeurs de sous-sol" et les voitures de course parrainées par les grands constructeurs. La majorité des automobiles bricolées, certains des prototypes et un faible nombre de modèles en production sont des véhicules à batterie électrique (VBE). Les tuyaux d'échappement d'un tel véhicule ne produisent aucune émission polluante, cependant le bilan environnemental doit aussi prendre en considération les effets néfastes de la production de l'électricité consommée. Les véhicules à batterie électrique possèdent certaines caractéristiques radicalement différentes des véhicules à essence, particulièrement au niveau de la recharge lente des batteries à la maison, typiquement pendant la nuit - un compromis entre une nécessité quotidienne et une libération des achats aux stations d'essence. Cependant, la technologie actuelle des batteries n'offre qu'une autonomie très limitée comparativement aux réservoirs d'essence; les véhicules à batterie électrique attendus sur le marché en 1998 offriront une autonomie variant entre 80 et 160 kilomètres sans recharge comparativement à 300 et 500 kilomètres pour une automobile à essence.

Plus récemment, surtout depuis le lancement en 1993 de l'initiative nationale aux États-Unis pour concevoir les "Supercars" ou "Hypercars", le consommateur a été informé des caractéristiques des véhicules hybrides électriques (VHE). La majorité des designs

pour ce dernier implique différentes composantes: (a) un générateur d'électricité alimenté par un petit moteur à carburant en exploitation optimale ou par une pile à combustible, (b) un ou plusieurs moteurs électriques, (c) une batterie de taille modeste pour assurer l'accélération et la performance dans les pentes ou sur de courtes distances sans émettre de polluants et (d) la recharge de la batterie, à la maison et par un système de récupération de l'énergie de freinage (par exemple, Lovins, 1993; Lovins & Lovins, 1995). Au Canada, une telle définition du véhicule électrique fut grandement renforcée par le dévoilement en janvier 1995 des détails du véhicule hybride électrique proposé par Hydro-Québec exploitant le groupe de traction M4 (AQTR, 1995).

La situation de la commercialisation des véhicules à batterie électrique

La technologie du véhicule hybride électrique ne semblait pas avancer assez rapidement pour répondre, à partir de 1998, à l'exigence (très récemment modifiée) d'assurer qu'un certain pourcentage des voitures neuves vendues en Californie et dans certains états du nord-est des États-Unis soit des véhicules "propres" (à zéro polluant atmosphérique). Ce sont les règlements du Californian Air Resources Board (CARB) (voir ci-dessous) qui ont créé le précédent. Les grands constructeurs automobiles et de nombreuses entreprises en amont des constructeurs sont présentement très actifs dans les développements à la fois technologiques et politiques engendrés par cette exigence. Certaines compagnies ont entrepris des pressions, avec succès, afin d'adoucir l'application de cette règle, mais il est néanmoins apparu que la première vague de commercialisation importante d'automobiles et de camionnettes électriques serait constituée en quasi totalité de véhicules à batterie électrique, la seule technologie suffisamment

avancée permettant une commercialisation rapide (Sperling, 1995).

Conscients de la sensibilité du succès du marché des véhicules à batterie électrique à la performance des batteries, les constructeurs américains ont créé le US Advanced Battery Consortium (USABC) afin de relever les défis de la production à moyen et long termes. Plusieurs groupes au Canada tels que l'Institut de recherche d'Hydro-Québec sont aussi impliqués dans ce volet de R&D. La production en masse de batteries qui peuvent satisfaire le «défi du moyen terme», considérée comme souhaitable pour la première commercialisation des véhicules à batterie électrique, ne pourra pas débiter avant 2001 selon les observations d'au moins un constructeur (Moore, 1995). Cependant, un rapport du General Accounting Office des États-Unis (GAO, 1994) évalue la probabilité que les constructeurs étrangers puissent gagner une longueur d'avance dans le marché créé par les règlements du CARB avec des véhicules à prix abordable, grâce aux initiatives de leurs gouvernements pour atteindre les économies d'échelle dans la production des véhicules électriques. Ainsi, les constructeurs étrangers pourraient profiter plus rapidement des produits du USABC. À ce terme, bien que les prototypes américains de véhicule à batterie électrique reçoivent beaucoup de publicité (par exemple, le Impact/EV1 de General Motors) et que les ventes de quelques milliers de véhicules soient prévues, les économies d'échelle semblent lointaines, surtout après l'adoucissement des règlements du CARB. Aussi, "le prix initial des véhicules qui satisferont les attentes raisonnables des usagers va probablement rester de deux à trois fois le prix des véhicules à essence dans le court terme" (GAO, 1994).

À l'étranger, selon un rapport récent de l'OCDE (IEA, 1993), la recherche

et le développement du véhicule électrique reçoivent des subventions importantes des gouvernements français, italien, nippon et suédois. Les exportateurs d'automobiles du Japon et de la Communauté Européenne sont sûrement intéressés, en partie, au marché créé par les règlements des états américains. Le Japon, par exemple, prévoit une production annuelle de 100 000 véhicules par an après l'an 2000, incluant les véhicules à batterie électrique avec batteries avancées. En France, Électricité de France collabore avec Peugeot-Citroën pour la commercialisation des véhicules à batterie électrique et leur infrastructure. Plusieurs pays comme la France (voir ci-dessous) étudient la réponse des usagers face au marché domestique. Aux États-Unis, jusqu'à l'automne 1995, suite à plusieurs étapes d'un processus de consultation très sérieux sur la faisabilité réelle des règlements du CARB, les décideurs californiens ont maintenu leurs règlements intacts. Évidemment, la disponibilité éventuelle des véhicules électriques importés en nombre à prix abordable aide à contredire ceux qui s'interrogent sur la faisabilité des règlements du CARB.

Les besoins en informations sur le "PRÉ-MARCHÉ"

Le lancement d'une collaboration Québec-Californie-France sur l'étude des usagers éventuels des véhicules à batterie électrique

La situation technique, politique et commerciale brièvement décrite ci-dessus donne un aperçu des informations qu'il a été possible de recueillir dans les récentes études sur la réponse des usagers éventuels des automobiles électriques. Les caractéristiques des véhicules à batterie électrique, surtout l'autonomie limitée et les méthodes particulières pour «faire le plein», sont tellement différentes de celles des véhicules conventionnels qu'elles rendent difficiles

les études de marché. D'ailleurs, on recherche les informations utiles non seulement pour la promotion d'un produit mais aussi pour la conception de l'infrastructure, l'élaboration des politiques de réglementation et le perfectionnement de la technologie des véhicules à batterie électrique. Les décideurs doivent donc déterminer d'une part le niveau d'investissement suffisant pour lancer les technologies et d'autre part le niveau adéquat des préparatifs nécessaires pour accueillir les véhicules électriques auprès des industries impliquées, telles que les producteurs d'électricité ou les services d'entretien et de dépannage. Les véhicules à batterie électrique semblent offrir des bénéfices environnementaux et énergétiques, mais il y a de nombreuses sources d'incertitude interdépendantes, telles que le prix de la technologie une fois fabriquée en série, les voies d'amélioration de la technologie, l'envergure potentielle du marché selon le prix, l'étape du développement de la technologie et les bénéfices sociaux.

Le point de départ est évidemment un examen de la façon dont le consommateur utilisera le véhicule à batterie électrique. Un groupe de chercheurs internationaux a alors décidé de créer des méthodes innovatrices pour aider les usagers éventuels à imaginer comment un véhicule à batterie électrique pourrait être exploité par leur ménage, tout en considérant leurs habitudes d'acquisition et d'utilisation des véhicules privés.

Depuis 1991, le groupe a effectué ses recherches avec la collaboration du Groupe de recherche interdisciplinaire mobilité, environnement et sécurité (GRIMES) de l'Université Laval sur la conception méthodologique d'une série d'études réalisées par l'Institute for Transportation Studies à l'University of California at Davis (ITS-UCD) avec le soutien du California Air Resources

Board et d'autres organisations. La contribution des chercheurs québécois concernait principalement les méthodes d'enquête sur les comportements éventuels au moyen d'un jeu de simulation; ce dernier fut construit à partir de programmes d'activités des automobilistes-répondants. En 1993, l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS), en collaboration avec le Laboratoire d'Économie des Transports (LET) de l'Université Lumière Lyon 2, a lancé une étude pilote avec une version de la méthodologie québécoise dans la région Rhône-Alpes. Le projet français a été réalisé pour l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME). Lors des deux études, il y eut de nombreux échanges entre les chercheurs des trois équipes, incluant des stages de formation à l'Université Laval. Aujourd'hui, les membres de cette collaboration tripartite partagent activement les résultats et l'expérience acquise avec ces nouvelles méthodes. Nous donnons ci-dessous un aperçu des deux études.

L'étude californienne

Le contexte de la Californie

L'année 1998 a été présentée comme un jalon pour les constructeurs autant que pour les défenseurs de l'air propre à cause du début d'une nouvelle époque de législation environnementale. Dans la version en vigueur jusqu'en mars 1996 des règlements du CARB de l'État de Californie, il était exigé qu'à partir de 1998 les sept plus grands constructeurs automobiles vendent des véhicules propres, c'est-à-dire à zéro émission de polluants atmosphériques (VZE); ainsi, 2 % des ventes de véhicules d'un poids total en charge inférieur à 3 750 livres devaient être des véhicules à zéro émission, ce qui correspond à environ 20 000 véhicules du marché annuel. À partir de l'année 2001, 5 % de ces ventes devraient être des véhicules à zéro

émission et la proportion devrait monter à 10% à partir de l'année 2003. Selon toute vraisemblance les véhicules à zéro émission seront des véhicules électriques et, dans le court terme, des véhicules à batterie électrique. En mars 1996, les règlements ont été modifiés pour permettre aux constructeurs de choisir eux-mêmes la proportion des ventes correspondant à des véhicules à zéro émission entre 1998 et 2003, mais le CARB a maintenu la proportion de 10 % pour l'année 2003. En échange, les constructeurs ont accepté de partager avec le CARB, sur une base confidentielle, leurs plans détaillés de marketing pour les véhicules électriques.

La principale caractéristique des règlements du CARB était de contraindre les manufacturiers à vendre des véhicules à zéro émission, alors que le consommateur, lui, n'est en aucune façon obligé de les acheter. Les constructeurs se plaignent que le véhicule à batterie électrique coûte trop cher à fabriquer et ils craignent que le consommateur ne l'achète pas, même si le prix est identique à celui d'un véhicule à essence. Pour compenser leurs pertes, ils avertissent (ou peut-être menacent-ils) qu'il faudra hausser le prix des véhicules à essence. Il faut signaler que les règlements prévoyaient une amende de 5 000 \$ pour chaque véhicule à zéro émission non vendu en substitution d'un véhicule couvert par la règle du 2% des ventes (règle de 1998). Toutefois, les véhicules à zéro émission vendus avant 1998 sont pris en compte.

Si le marché était assez grand, les constructeurs de véhicules et de batteries pourraient maintenir un prix modique pour les véhicules à batterie électrique. Dès lors, le débat se concentre sur la quantité d'acheteurs californiens qui choisiront un véhicule à batterie électrique en fonction de l'état probable de sa technologie en 1998. À l'heure actuelle, très peu de véhicules à batterie électrique ont été vendus, cependant

ils ressemblent peu aux véhicules à batterie électrique attendus pour 1998 et surtout pour 2003. Les prévisions des ventes sont hasardeuses avec autant d'incertitudes. Les sceptiques soulignent que le véhicule à batterie électrique a été abandonné par le consommateur il y a presque 70 ans quand les premiers Modèles "T" sont sortis des lignes de production. Les premiers véhicules à batterie électrique disposaient des mêmes désavantages que les véhicules à batterie électrique d'aujourd'hui: une autonomie limitée et des batteries qui nécessitent d'être rechargées et remplacées après une période d'usure. Toutefois, la population des États-Unis pendant les années vingt était beaucoup moins concentrée dans les agglomérations et beaucoup d'acheteurs n'avaient pas accès au réseau électrique.

Après la seconde guerre mondiale, la majorité des ménages possédait un seul véhicule, ainsi la flexibilité pour faire de longues distances fut recherchée et les avantages d'une faible pollution n'étaient pas une préoccupation pour l'Amérique des petites villes plus ou moins rurales. Il s'agit là d'une Amérique maintenant largement disparue. Aujourd'hui les acheteurs de véhicules neufs sont principalement les banlieusards. Le réseau d'électricité est pratiquement présent partout et la majorité des acheteurs dispose de circuits de 220 volts et de coupe-circuits jusqu'à 30 ampères. La majorité des acheteurs de véhicules neufs possède déjà deux ou trois véhicules, parfois même plus. En Californie, le nombre de véhicules par ménage est plus élevé que celui des autres états: près de 80% des ménages possèdent deux véhicules ou plus. Il y a donc un choix de voiture qu'il faut faire pour les voyages de longues distances. De plus, la qualité de l'air et le désir d'une vie saine se sont hissés au rang des préoccupations des Californiens. Bien que les émissions sortant des tuyaux d'échappement se soient nettement améliorées depuis 20 ans, les

véhicules motorisés sont toujours une source majeure de pollution.

Un paradoxe

Les études de marché faites jusqu'à maintenant ont relevé un paradoxe. D'un côté, la recherche sur les habitudes de déplacements automobiles a montré qu'un véhicule à batterie électrique avec une autonomie limitée et une recharge pendant la nuit correspondait très bien aux besoins d'une majorité des ménages multimotorisés américains et californiens; sous la réserve qu'un autre véhicule soit disponible pour les voyages de longues distances, un véhicule avec 160 kilomètres d'autonomie quotidienne pourra remplacer et satisfaire tous les besoins d'un second véhicule. De l'autre côté, en revanche, plusieurs études économétriques visant à évaluer la valeur perçue de l'autonomie d'un véhicule se sont prononcées pour une pénalité extrêmement élevée face à une autonomie de 160 kilomètres, comparativement aux 300 et 500 kilomètres offerts par un véhicule à essence. En effet, les pénalités, dans quelques cas, excédaient le prix total d'un véhicule neuf, ce qui indique que le consommateur typique n'accepterait pas un véhicule à batterie électrique même s'il était gratuit.

Une suite de quatre enquêtes sur l'utilisation éventuelle des véhicules à batterie électrique

En 1991, face à des résultats aussi contradictoires, quelques chercheurs de ITS-UC Davis ont lancé un programme de recherche plutôt empirique. Tout d'abord, un échantillon de consommateurs a été invité à conduire des prototypes et à donner leurs réactions et commentaires. Il y a eu deux trouvailles significatives. Premièrement, la majorité des répondants se sont dit que les véhicules étaient plus faciles à conduire que prévu. Deuxièmement, quand les chercheurs abordaient les besoins en autonomie d'un véhicule

avec les consommateurs, la majorité n'avait pas une idée ferme du nombre de kilomètres nécessaires ou souhaitables. Leurs incertitudes se sont aggravées quand on leur a demandé d'imaginer la gestion de deux véhicules pour le ménage dont un véhicule à batterie électrique. Les réalités de la recharge quotidienne des véhicules à batterie électrique à la maison ont aussi été souvent difficiles à imaginer.

Dans un deuxième temps, les chercheurs californiens ont étudié 100 ménages possédant déjà un véhicule à batterie électrique. Les trajets automobiles dans ces ménages étaient alloués différemment entre les véhicules à batterie électrique et les véhicules à essence selon les avantages de chacun. Les véhicules à essence étaient utilisés pour les vacances, les déplacements interurbains et les transports de marchandises en fonction de leur autonomie, leur performance ou leur volume intérieur. Les véhicules à batterie électrique étaient alloués aux déplacements urbains en raison de leur simplicité d'usage ou de leur faible production de polluants. Autrement dit, les ménages utilisant un véhicule à batterie électrique plus un véhicule à essence se sont comportés différemment des ménages avec deux véhicules à essence.

Les résultats des deux premières études ont amené les chercheurs d'ITS-UCD à la conception de nouvelles méthodes d'enquête en collaboration avec le GRIMES de l'Université Laval. S'appuyant sur les méthodes de jeux de simulation implantées principalement au Canada pour évaluer la réponse des automobilistes à une éventuelle pénurie d'essence (Lee-Gosselin, 1990), ils ont développé l'enquête «Purchase Intentions and Range Evaluation Games» (PIREG). La méthode nécessite un relevé de tous les déplacements automobiles pendant sept jours par les ménages multimotorisés, la préparation d'un graphique de l'ensemble des

déplacements et la réalisation d'une entrevue-jeu durant typiquement deux heures. L'enquête a été réalisée auprès de 51 ménages, ce qui représente un travail d'envergure puisqu'un investissement entre 10 et 20 heures-personne est requis pour chaque ménage.

La méthode PIREG permet d'évaluer les possibilités d'implanter un véhicule à batterie électrique avec autonomie limitée dans un contexte quotidien et face aux futurs besoins en transport. L'étude s'est penchée sur le degré d'utilisation potentielle du véhicule à batterie électrique en substitution à un véhicule existant et sur la nature des changements exigés par l'autonomie limitée du véhicule à batterie électrique. En effet, cette approche offre un contexte concret pour une réflexion sur les caractéristiques des véhicules à batterie électrique et la possibilité de valider les changements imaginés face aux contraintes réelles du ménage. À partir de ses résultats on peut constater que 29 des 51 ménages se sont trouvés dans la possibilité de vivre avec un véhicule à batterie électrique de 160 kilomètres d'autonomie sans faire de changements, tandis que 15 ménages ont eu besoin de faire des ajustements mineurs, tels que la permutation des véhicules au sein du ménage une fois par mois ou l'emprunt d'un véhicule hors ménage une ou deux fois par an. Seul sept ménages étaient incapables ou manquaient de volonté pour s'adapter à l'autonomie limitée du véhicule à batterie électrique. Le résultat le plus important était le rejet de l'hypothèse d'un petit marché potentiel composé des «écologistes extrêmes» et des ménages pouvant substituer un véhicule à batterie électrique à une «seconde voiture» peu utilisée. Au lieu de cela, les chercheurs ont décrit un phénomène de «ménages hybrides»¹, ceux qui étaient prêts à gérer une «flotte» comprenant un véhicule à batterie électrique et au moins un véhicule à essence (Kurani, Turrentine and Sperling, 1994).

Sur la base des concepts et intuitions provenant des jeux de simulation, les chercheurs californiens purent élaborer une dernière enquête pour explorer les choix potentiels entre trois types de véhicules à batterie électrique, soit les véhicules électriques hybrides, les véhicules au gaz naturel et les véhicules à essence reformée pour réduire les émissions nocives. Ils ont conçu un ensemble complexe et innovateur d'instruments pour mesurer les caractéristiques des ménages, de leurs véhicules, de leurs déplacements sur trois jours, des lieux de leurs activités en plus de mesurer les exercices de choix entre les véhicules selon différents scénarios technologiques et réglementaires. L'enquête a été envoyée par la poste aux ménages recrutés par huit sociétés d'étude de marché dans les six principales agglomérations urbaines de Californie. Une récompense de 50\$ était offerte. Un total de 454 réponses utilisables ont été récupérées soit un taux de réponse de 61%. Les résultats confirment l'hypothèse des «ménages hybrides» et le marché potentiel fut estimé à environ 20% des ventes, un chiffre significativement plus élevé que ceux des premières études économétriques sur les véhicules à batterie électrique.

Il y a, en général, une cohérence entre les réponses des usagers enquêtés par les quatre méthodes (Turrentine & Kurani, 1995). Les décideurs californiens se sont dit persuadés de la validité apparente des résultats de l'équipe ITS-UC Davis et de leur interprétabilité lorsqu'ils ont décidé de ne pas modifier les règlements du CARB après les audiences publiques de 1994.

L'étude française

Le contexte de la France

Bien que le souci de la qualité de la vie et le respect de l'environnement soient des préoccupations importantes

dans la vie française, les choix politiques opérés par le gouvernement diffèrent sensiblement des orientations californiennes. Il est vrai que désormais les réglementations proviennent de plus en plus d'une union européenne où le poids de l'industrie automobile est élevé. L'accent reste mis principalement sur la production de véhicules "faiblement polluants", notamment par l'instauration de pots catalytiques (y compris bientôt sur les véhicules diesel) et par la réduction de la consommation des moteurs (objectif des 3 litres aux 100 km).

Pourtant, le gouvernement a pris diverses mesures en faveur de la voiture électrique. Ce fut par exemple en 1994, l'instauration d'une prime de 5 000 F pour l'achat d'un véhicule électrique, en complément de laquelle l'Électricité de France (EDF) fournit une prime de 15 000 F au constructeur afin de baisser le prix de vente. Il faut souligner qu'en France, EDF est un des organismes qui promeut le plus la voiture électrique. Mais les perspectives de développement du marché des voitures particulières électriques restent peu encourageantes, et les efforts de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) se sont diversifiés sur d'autres marchés, comme celui des utilitaires légers d'un poids inférieur à 3,5 T et celui des véhicules de services (balayeuse, collecte des ordures ménagères, etc.). Le marché jugé le plus porteur à court terme est celui des collectivités locales et des administrations publiques, qui peuvent bénéficier de primes pour l'achat de véhicules électriques (une discussion plus élaborée des incitations se trouve dans Zentelin, 1994).

Les grands constructeurs ont entrepris des programmes de R&D, qui portent maintenant leurs fruits, sous forme de véhicules existants adaptés à la propulsion électrique: Peugeot

commercialise ainsi une 106, Citroën une AX et Renault une Clio. Des programmes de démonstration sont en cours à La Rochelle (Groupe PSA), et des expérimentations originales sont tentées, comme le Transport Public Individuel, voiture électrique en libre-service (projet PRAXITELE à Montpelier).

Avant même les grands constructeurs, de nombreux petits constructeurs ont développé toute une gamme d'autres véhicules: les ventes globales en France ont ainsi progressé de 74 véhicules en 1990 à 523 en 1994 (chiffres AVERE). Selon certaines projections (Larbaoui, 1995), le marché du véhicule électrique pourrait atteindre en 2010 quelque 200 000 unités en Europe, contre 160 000 aux USA et 100 000 au Japon. Au sein de l'Europe, les marchés les plus prometteurs seraient l'Allemagne (50 000), la France et la Grande-Bretagne (30 000). Mais ces prévisions quelque peu optimistes renseignent peu sur la part de la voiture particulière électrique. Comme aux USA ou en Allemagne, le même paradoxe est noté: d'un côté, parmi les ménages multimotorisés, une majorité ont une de leurs voitures parcourant en moyenne moins de 100 km par jour, de l'autre les intentions réelles d'achat stagnent à moins de 1 % du marché annuel.

Une adaptation du jeu de simulation

Intéressée par les premiers résultats californiens, l'ADEME a confié à l'INRETS, en collaboration avec le Laboratoire d'Économie des Transports (Université Lyon 2), la responsabilité d'adapter et de tester la méthode d'enquête interactive par jeu de simulation développée par l'Université Laval. Il était nécessaire en effet de tenir compte du contexte français, qui diffère de celui de la Californie sur plusieurs plans. En premier lieu, le débat

public sur l'environnement y est moins fort. En second lieu, les formes urbaines ne sont pas comparables: à l'exception de l'agglomération parisienne, les villes françaises disposent encore d'un centre-ville dense et fortement attractif, et la périurbanisation connaît une croissance importante mais récente. Cette structure conduit à des distances de déplacement encore modérées, et à une motorisation spécifique des ménages: ceux résidant à proximité ou dans le centre n'ont en majorité qu'une voiture (transports collectifs importants), alors que plus l'on s'éloigne vers la périphérie, plus le taux de multimotorisation augmente, et plus les ménages sont propriétaires de maisons individuelles.

Le test, réalisé en 1994, a été conduit auprès de 15 ménages de l'agglomération de Lyon, répartis selon les couronnes d'urbanisation. La technique d'enquête est identique à celle de l'enquête californienne: un carnet de bord hebdomadaire a permis de recenser tous les déplacements faits par chaque voiture du ménage, et de construire les diagrammes d'usage des véhicules (travail informatisé sur micro-ordinateur); l'entretien dure également 2 heures environ et comporte trois phases, à savoir un questionnaire général sur les habitudes de déplacements de tous les membres de la famille, le jeu de simulation proprement dit, et une discussion libre sur les caractéristiques souhaitées du véhicule électrique, au moyen d'une grille de préférences croisant niveau d'autonomie et temps de recharge.

L'adaptation du jeu a donné lieu à une séquence de 4 scénarios différents:

- une tentative volontaire de réduction de la distance totale parcourue chaque jour,
- le remplacement, pour la semaine enquêtée, d'une voiture du ménage par

un véhicule électrique de faible performance (autonomie: 40-50 km par jour, recharge: 8 heures la nuit),

- la possession permanente d'un véhicule électrique de bonnes performances (100 à 150 km, 6 heures),

- la possession du même véhicule électrique, mais couplée à un doublement du prix des carburants.

Les caractéristiques du véhicule électrique proposées dans le second scénario correspondent grosso modo aux niveaux offerts par les petits véhicules actuellement sur le marché, tandis qu'ensuite a été suggéré le niveau visé par les constructeurs d'ici quelques années.

Quatre types de résultats

1. L'analyse des carnets de bord a permis de constater que le besoin d'autonomie des ménages multimotorisés était souvent faible pour une des voitures. Plus fondamentalement, il est apparu que les ménages ont tendance à affecter chacune de leurs voitures à des usages spécifiques. À partir d'une classification fondée sur la fréquence des déplacements en voiture, la distance parcourue et le motif, quatre groupes ont été identifiés: ainsi, certaines voitures semblent plutôt servir principalement pour les trajets domicile-travail, d'autres pour la vie familiale (beaucoup de petits trajets pour achats, accompagnement d'enfants), d'autres sont très utilisées pour les trajets professionnels (besoin d'autonomie élevé), d'autres enfin restent polyvalentes. La connaissance de ces usages spécifiques apparaît importante pour mieux cibler le marché de la voiture électrique, lorsqu'elle est conçue pour se substituer à une voiture à essence du ménage, car les besoins en autonomie peuvent être contrastés.

2. Face à une forte contrainte d'autonomie (50 km), la plupart des

ménages sont obligés de s'adapter: les deux tiers s'en sortent en réorganisant leurs moyens de transport, notamment par une permutation des véhicules, en cas de besoin; mais pour un tiers, cette adaptation ne peut se faire qu'en modifiant leurs activités quotidiennes, ce qui se traduit par une réduction de mobilité. Cela n'est donc guère acceptable, et même si avec une autonomie de plus de 100 km, rares sont les ménages pénalisés, on comprend mieux les réticences à acheter un véhicule qui oblige à changer de style de vie. Seule l'autonomie est en cause, car l'obligation de charger la voiture à la maison n'est pas mal perçue et deviendra vite un réflexe, aux dires des enquêtés.

3. Si la plupart des ménages ont déjà entendu parler de voitures électriques, le véhicule électrique est encore un objet mystérieux, un véhicule du futur. Ses caractéristiques sont mal connues, qu'il s'agisse de l'autonomie, de sa vitesse, ou de son confort. Ce manque d'information induit une image négative, car il est assimilé aux "voiturettes", ces petits véhicules lents et sans permis vendus aux personnes âgées ou aux "mauvais" conducteurs. Bien que la propulsion électrique n'effraie personne, l'idée d'une voiture propre n'est pas mise de l'avant. Cela confirme l'idée que ce n'est pas la préoccupation de l'environnement qui sera le moteur du marché, à moins qu'un débat public ne dramatise la situation de la pollution atmosphérique dans les villes. De plus, les écologistes sont plus que réservés, du fait de l'origine nucléaire de l'électricité en France.

4. Plus fondamentalement, la restriction d'autonomie est perçue comme une remise en cause d'un mode de vie fondé sur la liberté de déplacement permise par la voiture. D'une gestion d'un budget-temps (faire le maximum de choses en 24 heures), les ménages seraient en effet obligés de gérer un

budget-distance, ce qu'ils ne savent pas faire actuellement, car ils ne connaissent pas les distances qu'ils parcourent du moins pour chaque déplacement. Le véhicule électrique à autonomie limitée aura donc un impact plus important que prévu, puisqu'il va modifier le rapport à l'automobile. La question est donc moins l'usage d'un véhicule alternatif, que l'usage alternatif d'un véhicule.

Ainsi, malgré les différences de contexte entre la Californie et la France, les enquêtes convergent vers le fait que la connaissance du marché du véhicule électrique doit s'appuyer sur une problématique claire: quels peuvent être les ménages "hybrides", c'est-à-dire pouvant disposer d'un parc de voitures mélangeant un véhicule électrique avec une ou des voitures à essence? Ceci nécessite un approfondissement des enquêtes au moyen de la technique de jeu de simulation développée par l'Université Laval. En France, les résultats du test semblent répondre aux attentes des constructeurs et de l'ADEME, et des discussions sont en cours pour financer une seconde vague sur un plus grand échantillon.

Conclusion

Ces différentes études ont porté fruit. En France, une version de la méthodologie interactive a été implantée pour étudier la réponse des usagers face au péage urbain et les discussions ont cours afin de pouvoir l'adapter à d'autres domaines, par exemple le choix d'itinéraires route-autoroute, ou la réponse des usagers à d'autres perspectives pour réduire les impacts des transports sur l'environnement.

La collaboration Québec-Californie-France a permis de mieux faire connaître la méthode par jeux de simulation; par ailleurs, les résultats obtenus lui permettent une plus grande visibilité.

Deux séances étaient consacrées à cette méthode lors d'un colloque faisant partie des 8^e Entretiens du Centre Jacques Cartier à Lyon en décembre 1995².

La collaboration sur le marché du véhicule électrique a ainsi joué un rôle puisqu'elle a permis d'effectuer les recherches au sein des différents contextes que représentent la Californie et la France. On constate que le Québec présente une situation intermédiaire entre la Californie et la France que ce soit par rapport à un aménagement territorial nord-américain ou face au développement de réglementation concernant le taux d'émission de polluants atmosphériques des véhicules. Ce dernier constat nous amène à suggérer qu'il serait profitable de poursuivre les recherches sur ces études de "pré-marché" dans un contexte nordique où les ressources d'hydroélectricité sont abondantes.

Remerciements

L'étude de la Californie a été principalement financée par California Air Resources Board et California Environmental Protection Agency et celle de la France par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME).

Nous tenons également à souligner l'appui fourni par le Compendium de données sur la mobilité automobile (CDMA) de l'Université Laval dans son volet carburant de remplacement. Le CDMA est supporté par Ressources naturelles Canada, le ministère des Transports de l'Ontario, Transports Canada, ainsi que (pour son volet sécurité routière seulement) par le Fonds FCAR, le ministère des Transports du Québec et la Société de l'assurance automobile du Québec. Enfin, nous voulons remercier Mme Isabelle Béchard pour son aide à l'édition.

Notes

¹ Les «ménages hybrides» n'ont aucun lien avec les véhicules hybrides électriques.

² Entretiens du Centre Jacques Cartier. *Les modes de déplacements urbains : mesurer le présent, simuler le futur*. Lyon, 6 au 8 décembre 1995.

Références

Association Québécoise du Transport et des Routes (AQTR): Colloque sur l'automobile électrique, texte des conférences. Salon international de l'auto de Montréal. Stade Olympique, 20 janvier 1995.

Faivre d'Arcier, B., Nicolas, J.P. "How will multi-vehicled households cope with a limited range electric vehicle?", paper at EVT'95. Paris, November 1995. 10 p.

Faivre d'Arcier, B., Nicolas, J.P., Lee-Gosselin, M., *Impact of a limited range on Electric Vehicle use in France - results of a simulation game survey*, paper at the 7th World Conference on Transport Research, Sydney, July 1995. 18 p.

International Energy Agency (IEA): "Electric vehicles: technology, performance and potential". OCDE, Paris, 1993.

Kurani, K., Turrentine, T. and Sperling, D.: "Demand for electric vehicles in hybrid households: an exploratory analysis". *Transport Policy*, Fall 1994.

Larbaoui, P., "The French electric vehicle market: reality and future". paper at EVT'95. Paris, November 1995. 10 p.

Lee-Gosselin, M.E.H.: "The dynamics of car-use patterns under different scenarios: a gaming approach", dans Jones, P.M. (ed) *Transport research: new developments in dynamic and activity-based approaches*, Gower Press, 1990.

Lovins, A.B. & Lovins, L.H.: "Reinventing the wheels" *Atlantic Monthly*, January 1995.

Lovins, A.B.: "Free wheeling. The coming Supercar revolution" *Rocky Mountain Institute Newsletter*, Vol IX, No.2, Snowmass, Colorado, Summer 1993.

Moore, T.: "The commercialization challenge". Présentation au Colloque sur l'automobile électrique, AQTR 1995, *op cit*.

Sperling, Daniel. *Future Drive: Electric Vehicles and Sustainable Transportation*, Island Press, Washington D.C., 1995, 175p.

Turrentine, T. and Kurani, K. *The Household Market for Electric Vehicles*. Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, report UCD-ITS-RR-95-5, 1995.

United States General Accounting Office (GAO): "Electric vehicles. Likely consequences of US and other nation's programs and policies." Washington DC, 1994.

Zentelin, J.L. "Développement de la voiture électrique. Quelles incitations, quelle taxation?" *Recherche Transports Sécurité*, No.42, 1994.