



RÉSEAU  
DES INGÉNIEURS  
DU QUÉBEC

*Nous travaillons dans votre intérêt*



PROPOSITIONS POUR ENGAGER LE QUÉBEC  
SUR LA VOIE DE LA MOBILITÉ DURABLE

AVIS

SEPTEMBRE 2010



# PROPOSITIONS POUR ENGAGER LE QUÉBEC SUR LA VOIE DE LA MOBILITÉ DURABLE



RÉSEAU  
DES INGÉNIEURS  
DU QUÉBEC

## **Supervision du mandat et révision du contenu**

Francis Bourque,  
Directeur – Communication et affaires publiques

Benjamin Laplatte,  
Conseiller principal – Communication et affaires publiques

Nous tenons également à remercier les membres du comité  
de soutien des intérêts socio-économiques des ingénieurs (CSISEI)  
pour leur implication:

Etienne Courture, ing., président du CSISEI  
Antoine Boumerhi, ing.  
Francis Sirard, ing.  
Georges Mezzetta, ing.  
Jean-Luc Dion, ing.  
Krimo Bouaou, ing.  
Mihai Popescu, ing. jr.  
Réal Haché, ing.  
Robert Arseneault, ing.  
Yannick Rouette, ing.  
Yves Lavoie, ing.

## **Recherche et rédaction**

**Pierre Langlois, Ph.D.,**  
Physicien: consultant / auteur du livre « Rouler sans pétrole »  
[www.planglois-pca.com](http://www.planglois-pca.com)

# Table des matières

<b>Préambule .....</b>	<b>6</b>
<b>Table des abréviations .....</b>	<b>7</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>8</b>
<b>Chapitre 1 .....</b>	<b>9</b>
<b>La pertinence de l'électrification des véhicules.....</b>	<b>9</b>
1.1 <i>La pollution de l'air et ses méfaits sur la santé.....</i>	9
1.2 <i>Les gaz à effet de serre et le réchauffement climatique .....</i>	9
1.3 <i>La déplétion du pétrole et son impact sur l'économie .....</i>	11
1.3.1 <i>La situation mondiale .....</i>	11
1.3.2 <i>La situation au Québec.....</i>	16
<b>Chapitre 2 .....</b>	<b>20</b>
<b>Revue des technologies alternatives.....</b>	<b>20</b>
2.1 <i>Le contexte mondial et québécois .....</i>	20
2.2 <i>Les véhicules personnels .....</i>	20
2.2.1 <i>Les véhicules électriques à batterie.....</i>	22
2.2.2 <i>Les véhicules hybrides branchables .....</i>	26
2.2.3 <i>Les véhicules à pile à combustible - hydrogène.....</i>	31
2.2.4 <i>Quelle technologie favoriser dans le contexte québécois? .....</i>	34
2.2.5 <i>Scoters électriques et vélos à assistance électrique.....</i>	39
2.2.6 <i>Les transformations de véhicules usagés.....</i>	39
2.3 <i>Les transports collectifs .....</i>	41
2.3.1 <i>Les transports collectifs urbains.....</i>	41
2.3.2 <i>Les transports collectifs interurbains .....</i>	42
2.4 <i>Le transport des marchandises .....</i>	46
2.4.1 <i>Le transport urbain des marchandises.....</i>	46
2.4.2 <i>Le transport interurbain des marchandises .....</i>	48
<b>Chapitre 3 .....</b>	<b>51</b>
<b>Revue de l'actualité mondiale, canadienne et québécoise .....</b>	<b>51</b>
3.1 <i>Les véhicules à motorisation électrique bientôt accessibles .....</i>	51
3.2 <i>L'industrie des véhicules écologiques au Québec et au Canada .....</i>	54
3.2.1 <i>L'industrie des véhicules écologiques au Québec : un survol.....</i>	54
3.2.2 <i>L'industrie canadienne des véhicules écologiques (à l'exclusion du Québec): un survol .....</i>	59
3.3 <i>Les politiques incitatives dans différents pays.....</i>	60
3.3.1 <i>Les politiques incitatives aux États-Unis .....</i>	61
3.3.2 <i>Les politiques incitatives en Europe .....</i>	66
3.3.3 <i>Les politiques incitatives au Canada .....</i>	74
3.3.4 <i>Les politiques incitatives au Québec.....</i>	77

## Chapitre 4 ..... 82

### Recommandations pour une stratégie québécoise sur la mobilité durable ..... 82

#### AXE 1 - RÉDUIRE L'EMPREINTE CARBONE ET LA DÉPENDANCE AU PÉTROLE DU TRANSPORT ..... 85

##### 4.1 Mettre en place les conditions favorables au changement ..... 85

4.1.1 Se fixer un objectif de diminution de la consommation de pétrole dans les transports routiers de 30 % d'ici 2020 ..... 85

4.1.2 Conduire une étude détaillée sur les opportunités liées à la gestion intelligente des transports ..... 85

4.1.3 Une campagne de sensibilisation et d'information ..... 86

4.1.4 Organiser la formation du personnel ..... 86

4.1.5 Adapter les normes et règlements ..... 87

4.1.6 Mettre en place les outils fiscaux adéquats pour financer les changements ..... 87

##### 4.2 Maximiser la pénétration des véhicules à motorisation électrique légers et la diminution de consommation de carburant ..... 88

4.2.1 Instaurer un bonus malus à l'achat de véhicules neufs ..... 88

4.2.2 Maintenir un programme de recyclage de véhicules et d'incitatifs au transfert modal ..... 89

4.2.3 Instaurer un rabais subventionné pour la conversion des véhicules usagés ..... 90

4.2.4 Instaurer un rabais subventionné pour les véhicules électriques à 2 et 3 roues ..... 90

4.2.5 Instaurer un coût d'immatriculation modulé par la consommation de carburant ..... 91

4.2.6 Soutenir l'achat de véhicules branchables pour les flottes gouvernementales et municipales ..... 91

4.2.7 Émettre une plaque verte pour les véhicules branchables ..... 91

4.2.8 Favoriser l'installation de dispositifs/systèmes de réduction de consommation ..... 92

4.2.9 Planifier le transfert des taxes sur le carburant aux véhicules branchables vers 2018 ..... 92

##### 4.3 Favoriser les transports collectifs, alternatifs et actifs ..... 93

4.3.1 Diminuer les parcours urbains en auto solo de 20 % d'ici 2020 par rapport à 2010 ..... 93

4.3.2 Bonifier les transports collectifs ruraux ..... 94

4.3.3 Augmenter les stationnements dédiés à l'auto-partage urbain et au covoiturage interurbain ..... 94

4.3.4 Intégrer les régions dans un projet de transport rapide électrique interurbain ..... 95

##### 4.4 Optimiser le transport des marchandises ..... 96

4.4.1 Favoriser le développement d'une meilleure logistique de transport des marchandises ..... 96

4.4.2 Continuer l'aide pour réduire la consommation de carburant des camions lourds ..... 96

4.4.3 Favoriser le transfert modal du transport des marchandises ..... 97

##### 4.5 Augmenter l'usage des carburants alternatifs ..... 97

4.5.1 Intégrer 8 % à 10 % de biocarburants dans les carburants pétroliers en 2020 ..... 97

4.5.2 Favoriser l'utilisation du biogaz comprimé, du propane et du gaz naturel comprimé ..... 98

4.5.3 Limiter l'implantation du gaz naturel liquéfié pour le camionnage ..... 99

4.5.4 Vérifier la pertinence d'incorporer du gaz naturel dans la production de biocarburants 2G ..... 100

#### AXE 2 — SOUTENIR L'INDUSTRIE QUÉBÉCOISE DES VÉHICULES À MOTORISATION ÉLECTRIQUE ..... 101

##### 4.6 Accroître la part de marché du contenu québécois dans la chaîne d'approvisionnement des VME ..... 102

4.6.1 Soutenir le déploiement d'un réseau d'excellence québécois en transports terrestres avancés (TTA) ..... 102

4.6.2 Favoriser l'implantation au Québec d'un Institut pancanadien de recherche sur les véhicules à motorisation électrique ..... 103

4.6.3 Soutenir le déploiement d'un réseau d'excellence en biocarburants de nouvelle génération ..... 103

4.6.4 Stimuler l'implantation d'usines de batteries Li-ion au Québec ..... 104

##### 4.7 Accroître la part de l'investissement étranger et le nombre d'entreprises installées au Québec ..... 105

4.7.1 Soutenir les efforts de commercialisation et de valorisation de la propriété intellectuelle ..... 105

4.7.2 Utiliser la carte de l'énergie verte pour attirer les entreprises étrangères en TTA ..... 105

4.7.3 Mettre en place des mesures fiscales incitatives et des prêts à bas taux d'intérêt ..... 105

##### 4.8 Accroître la visibilité de l'industrie québécoise du VME dans le monde ..... 106

4.8.1 Soutenir l'essai de voitures électriques sur le sol québécois et le déploiement ciblé d'infrastructures de recharge ..... 106

4.8.2 Subventionner la réalisation de projets de démonstrations technologiques, notamment un autobus électrique biberonné québécois ..... 106

**Conclusion générale ..... 108**

**Lectures complémentaires ..... 109**

# Préambule

En mai 2009, le RéseauQ rendait publique une étude intitulée *Le développement énergétique du Québec dans un contexte de développement durable*, qui abordait de front les enjeux énergétiques du Québec. Les motivations en arrière de cette initiative ont pris racines dans l'intérêt de renseigner les membres sur la nature des défis qu'ils auront à relever. Confrontée à des mutations économiques et écologiques sans précédent, la société québécoise aura fort à faire pour maintenir durablement son niveau de développement. Les ingénieurs étant des acteurs clés de ces défis, cette étude visait également à interpeller les pouvoirs publics sur l'urgence d'agir et d'appuyer les ingénieurs dans leur mission.

Conséquent avec ces motivations, et au lendemain d'un budget provincial qui en disait long sur les intentions gouvernementales en matière de mobilité électrique, le RéseauQ a décidé de faire ses devoirs et de produire un avis sur les éléments à mettre en œuvre au sein d'un plan d'action sur le véhicule à motorisation électrique (VME) à venir.

Afin de profiter au débat public, de promouvoir cet enjeu auprès des membres, et de positionner l'implication et l'intérêt des ingénieurs, le RéseauQ s'est associé à un expert de renom en la personne de Pierre Langlois, Ph.D., pour élaborer les réflexions qui sont présentées dans ce document.

Au passage, le RéseauQ s'est donné pour mandat de rendre justice au génie québécois actuellement actif dans cette jeune industrie. En dépit du souci d'exhaustivité qui a animé la démarche, il demeure néanmoins possible que certains joueurs aient été malencontreusement oubliés. L'actualité technologique est d'une telle effervescence qu'il ne faudrait pas y voir d'autre explication que celle d'un oubli malencontreux.

Essentiellement, cet avis se base sur l'état de la technologie et une recension de l'actualité internationale pour développer un ensemble de recommandations aux fins d'une stratégie gouvernementale ambitieuse en matière de mobilité durable. Il a également pour objectif de faire reconnaître l'importance de soutenir adéquatement le génie québécois, afin que la société québécoise puisse répondre avec aplomb aux défis à venir.

S'il en va de notre prospérité économique, il en va également de notre développement social et environnemental.

# Table des abréviations

AIE	Agence internationale de l'énergie	ITAQ	Institut du transport avancé du Québec
ALENA	Accord de libre échange nord américain	ITPOES	Industrial Task Force for Peak Oil and Energy Security
ARRA	American Recovery and Reinvestment Act	LCFS	Low Carbon Fuel Standard
ASPO	Association for the Study of Peak Oil and Gas	M	Mega : million
ATA	American Trucking Associations	MIT	Massachusetts Institute of Technology
CAA	Association des automobilistes canadiens	NREL	National Renewable Energy Laboratory
CEA	Commission à l'Énergie atomique (France)	PAC	Pile à combustible
CNTA	Centre national du transport avancé	PAC-H2	Pile à combustible à l'hydrogène
CO2	Dioxyde de carbone	PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
DoE	Department of Energy (Etats-Unis)	R&D	Recherche et développement
DoT	Department of Transports (États-Unis)	RTC	Réseau de transport de la capitale
EDF	Électricité de France	SAAQ	Société de l'assurance automobile du Québec
EIA	Energy Information Administration (Etats-Unis)	SGF	Société générale de financement du Québec
EPRI	Electric Power Research Institute	STL	Société de transport de Laval
FRCVÉ	Feuille de route du Canada sur la technologie des véhicules électriques	STM	Société de transport de Montréal
G	Giga : milliard	TEPCO	Tokio Electric Power Corporation
GES	Gaz à effet de serre	TGV	Train à grande vitesse
GIEC	Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat	TTA	Transport terrestre avancé
GNC	Gaz naturel comprimé	VEB	Véhicule électrique à batterie
GNL	Gaz naturel liquéfié	VEPA	Véhicules électriques avec prolongateur d'autonomie
GrEn	Grenelle Environnement (France)	VHB	Véhicules hybrides branchables
GTL	Gas to Liquid (carburant synthétique liquide fait à partir du gaz naturel)	VME	Véhicule à motorisation électrique
H2	Hydrogène	VUS	Véhicule utilitaire sport
IREQ	Institut de recherche d'Hydro-Québec		

# Introduction

La civilisation fait présentement face à un des plus grands défis de son histoire, celui de sortir rapidement de l'ère des carburants fossiles. Le pétrole, en particulier, s'épuise rapidement, en raison de la demande importante des pays industrialisés, et de la demande en forte croissance des pays en émergence, dont la Chine et l'Inde.

L'or noir ne suffira plus à la demande d'ici quelques années, et son prix va inévitablement s'envoler, alors que l'écart entre l'offre et la demande s'élargira, avec comme conséquence une crise économique imminente, dont l'ampleur pourrait être dévastatrice. De plus, les émissions toxiques générées par la combustion des carburants fossiles entraînent des conséquences très dommageables pour la santé, particulièrement dans les grandes villes. Enfin, les gaz à effet de serre (GES) qui résultent de la combustion des hydrocarbures ont un impact important sur le réchauffement climatique, avec des conséquences potentiellement désastreuses pour la civilisation et la biodiversité.

Toutes ces problématiques bien réelles nous imposent d'agir rapidement pour nous sortir de notre dépendance au pétrole, particulièrement dans le domaine des transports, qui en dépend à 95 %. Les véhicules à motorisation électrique, les VME (hybrides rechargeables sur le réseau, et tout électriques), apparaissent donc comme une nécessité urgente pour les transports routiers.

Dans cette perspective, les principaux objectifs du présent document, dédié aux transports routiers, sont de

- faire ressortir l'urgence d'électrifier les véhicules et de diminuer rapidement notre consommation de pétrole, en démontrant les multiples bienfaits qui en résulteront pour le Québec
- faire une analyse critique des diverses technologies utilisant la motorisation électrique, en tenant compte du contexte québécois,
- faire un survol de l'actualité mondiale, canadienne et québécoise concernant les véhicules à motorisation électrique et les programmes incitatifs,
- identifier plusieurs éléments souhaitables d'une politique québécoise pour le développement des véhicules à motorisation électrique et pour la diminution rapide de notre consommation de pétrole pour les transports,
- et souligner l'importance du rôle des ingénieurs québécois dans cette révolution imminente.

# Chapitre 1

## La pertinence de l'électrification des véhicules

Comme nous venons de le voir, trois raisons principales nous commandent de faire un changement de cap en ce qui concerne les véhicules routiers : la pollution de l'air, le réchauffement climatique et le danger d'effondrement de notre économie. Dans cette section, nous allons voir de façon sommaire les tenants et les aboutissants de ces problématiques.

Les effets néfastes de la pollution atmosphérique sur la santé des citoyens se font déjà sentir. Les perturbations liées au réchauffement climatique vont avoir un impact sérieux d'ici 20 à 30 ans. Par contre, la baisse imminente de la production mondiale de pétrole risque d'engendrer une crise économique majeure d'ici 5 ans, selon plusieurs experts.

### 1.1 La pollution de l'air et ses méfaits sur la santé

Souvent les gens oublient que la première motivation invoquée pour réintroduire les véhicules à motorisation électrique sur les routes, dans les années 1990, fut la pollution atmosphérique de nos grandes villes causée par les véhicules à essence et au diesel.

L'augmentation des maladies respiratoires et des décès reliés à la mauvaise qualité de l'air à Los Angeles (smog) ont incité fortement l'État de la Californie à se doter, en 1990, du « Zero emission mandate » qui prévoyait l'introduction obligatoire de véhicules électriques à partir de 1998.

Au Canada, *l'Association médicale canadienne nous faisait part récemment, dans un rapport daté de 2008<sup>1</sup> que le nombre de morts prématurés dans notre pays causés par la pollution de l'air est de 21 000 par année*, et que le coût de cette pollution est estimé à 8 milliards de dollars annuellement! Que dire de plus.

### 1.2 Les gaz à effet de serre et le réchauffement climatique

Le CO<sub>2</sub> généré par la combustion des carburants fossiles contribue de façon importante à l'augmentation des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère terrestre. Le GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat), une organisation issue de l'Organisation météorologique mondiale et du Programme des Nations Unies pour l'environnement, nous a mis en garde à travers ses multiples rapports du danger que représentent les GES d'origine anthropique pour le réchauffement climatique.

Afin d'éviter un emballement du climat, les scientifiques du GIEC recommandent fortement de limiter l'augmentation de la température terrestre moyenne à 2 °C, par rapport à l'ère préindustrielle. Au-delà de cette limite, les experts estiment que les risques de libérer les immenses quantités de méthane (GES 25 fois plus actif que le CO<sub>2</sub>) emprisonnées dans le pergélisol arctique sont élevés, et que d'importants mécanismes régulateurs climatiques pourraient être modifiés suffisamment pour

---

<sup>1</sup> Association médicale canadienne, «No Breathing Room, National Illness Costs of Air Pollution», Août 2008, téléchargement: [http://www.cma.ca/index.php/ci\\_id/86830/la\\_id/1.htm](http://www.cma.ca/index.php/ci_id/86830/la_id/1.htm)

entraîner des effets abrupts et irréversibles sur le climat avec des conséquences graves. Les sécheresses qui en résulteraient pourraient mettre en péril plusieurs populations, en diminuant l'eau potable et le rendement agricole de plusieurs régions du globe, conduisant à des famines. Les ouragans plus violents et plus nombreux de même que l'augmentation des feux de forêt sont également à craindre.

Aussi, lors de la conférence de Copenhague, en décembre 2009, les nations ont signé un accord<sup>2</sup> dans lequel elles reconnaissent l'importance de limiter l'augmentation de la température terrestre à 2 °C, et qu'il faut prendre les mesures pour y arriver. Toutefois, comme on le sait, il n'a pas été possible de faire en sorte que la communauté internationale s'entende sur des cibles communes et contraignantes de réduction des GES, pour le moment.

Pour fixer les idées sur les efforts colossaux qu'on doit mettre en branle **pour limiter l'élévation de température à 2 °C**, il suffit de consulter le quatrième rapport du GIEC<sup>3</sup> publié en 2007, plus particulièrement le tableau 3-10 du chapitre 3. On y constate qu'**il faudrait diminuer de 50 % à 85 % nos émissions de GES en 2050, par rapport à celles de 2000!**

Et, bien entendu, les pays industrialisés se doivent de diminuer davantage leurs émissions pour que les pays en émergence puissent se développer. C'est pour cela que **la cible de réduction généralement acceptée pour les pays industrialisés est de 80 % en 2050 par rapport à 2000, ce qui correspond à une réduction d'un facteur 4 des émissions de GES** en prenant comme référence l'année 2000.

Pour y arriver, l'Europe et le Québec ont fait un premier pas et se sont engagés à une réduction de 20 % de leurs émissions de GES en 2020 par rapport à celles de 1990.

Mais, au Québec, ce 20 % de réduction sera très difficile à atteindre pour les transports routiers. En effet, selon les statistiques du Ministère des ressources naturelles et de la faune ([www.mrnf.gouv.qc.ca](http://www.mrnf.gouv.qc.ca)), la consommation québécoise de carburant pour les véhicules (essence + diesel) a augmenté de 34 % entre 1990 et 2007. **Ainsi, pour réduire les émissions de GES de 20 % au Québec par rapport à 1990, il faudrait diminuer notre consommation de pétrole pour les transports routiers de 54 % dans les dix prochaines années!**

Une chose est certaine, **l'adoption par le gouvernement québécois des normes californiennes pour la réduction des émissions de GES des véhicules neufs, même si elle est louable, est loin d'être une mesure suffisante pour atteindre ce 54 %**. Les normes californiennes prévoient une diminution de 30 % à 35 % des émissions de GES des véhicules neufs en 2016 par rapport à ceux de 2010. Mais, il faut tenir compte d'une durée de vie de 12 à 14 ans des véhicules, de la diminution progressive de la consommation de carburant des véhicules neufs de 2010 à 2016, et du fait que la norme ne s'applique pas aux véhicules lourds. En faisant cela, on réalise que l'application des normes californiennes réduira les émissions de GES du parc de véhicules québécois de 15 % environ en 2020 par rapport à 2010, si le nombre de véhicules reste le même. **Il va donc falloir réduire davantage notre consommation de pétrole pour les transports routiers par d'autres mesures, si on veut respecter nos engagements.**

---

<sup>2</sup> EurActiv et Reuter, «*Fifty-five nations join Copenhagen climate accord*», billet sur le site Euractiv, publié le 2 février 2010 ([www.euractiv.com](http://www.euractiv.com), section «Climate & Environment») : <http://www.euractiv.com/en/climate-environment/fifty-five-countries-join-climate-copenhagen-accord-cut-emissions-3>

<sup>3</sup> B. Metz et al., «*Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*», 2007 (téléchargement à [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)) : [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg3\\_report\\_mitigation\\_of\\_climate\\_change.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg3_report_mitigation_of_climate_change.htm)

## 1.3 La déplétion du pétrole et son impact sur l'économie

Depuis déjà 150 ans maintenant, nous faisons jaillir le pétrole des entrailles de la Terre. Au début, c'était pour remplacer l'huile de baleine comme combustible pour les lampes du 19<sup>e</sup> siècle. Puis, les applications se sont multipliées : carburant automobile, source d'énergie pour produire de l'électricité et de la chaleur, et pétrochimie (plastiques, engrais chimiques, médicaments, fibres synthétiques, caoutchouc synthétique, produits de beauté, lubrifiants, peintures. . .). En fait, notre civilisation actuelle est basée sur la disponibilité abondante et à bon marché de l'or noir. Nous n'en avons jamais réellement manqué pendant tout ce temps, malgré l'augmentation continue de notre consommation.

Cette situation d'abondance est tellement ancrée dans nos mœurs que nous avons de la difficulté à imaginer qu'il puisse en être autrement. Pourtant, le pétrole est une ressource finie et sa production mondiale va inévitablement arriver à un maximum un jour (pic pétrolier), puis elle va décroître jusqu'à l'épuisement de la ressource. **Les deux questions cruciales qu'il faut se poser sont : quand atteindrons-nous le pic pétrolier, et à quel rythme la décroissance va-t-elle se produire.**

Pour mieux comprendre, il faut savoir que le pétrole n'est pas un liquide homogène contenu dans une grosse cavité souterraine et dont on pourrait augmenter la production simplement en ajoutant des pompes. Le pétrole est plutôt un mélange liquide de molécules d'hydrocarbures de grosseurs diverses, dont les plus grosses sont plus visqueuses et les plus petites plus fluides. De plus, le pétrole se retrouve dans des formations rocheuses sédimentaires poreuses, conjointement avec des quantités diverses de gaz naturel, sous pression. Lors du forage d'un puits, la pression fait jaillir le pétrole, et la partie plus fluide est extraite en premier, puisqu'elle migre plus facilement à travers les pores de la roche mère. Au fil du temps, la pression diminue et le pétrole restant est plus visqueux et difficile à extraire, peu importe le nombre de puits qu'on fore. Il vient un temps où il faudrait dépenser autant d'énergie pour extraire le pétrole que le pétrole en contient, ce qui rend le gisement inutilisable, même s'il contient encore de l'or noir. Cette géologie pétrolière fait en sorte que la courbe de production en fonction du temps ressemble à une cloche dont le sommet est atteint approximativement lorsque la moitié du gisement a été exploité.

### 1.3.1 La situation mondiale

C'est en utilisant ces connaissances que Marion King Hubbert, un géologue pétrolier qui travaillait pour Shell, avait prédit dès 1956 que la production de pétrole des États-Unis (excluant l'Alaska et Hawaï) allait atteindre son maximum en 1970, ce qui s'est avéré exact. Pourtant, en 1956, les États-Unis étaient le plus gros producteur mondial, et de loin.

D'autres exemples plus récents sont très éloquentes. Les gisements du Royaume-Uni en Mer du Nord ont atteint leur maximum de production en 1999, et la production de pétrole ne cesse de décroître depuis, à un taux annuel de 6,3 % en 2008. De même, le Mexique, qui a produit la même quantité de pétrole que le Canada en 2008, a atteint son maximum de production en 2004, et celle-ci ne cesse de décroître depuis, à un taux annuel de 9,1 % en 2008. Ces données sont déduites à partir des statistiques historiques de production de pétrole publiées par BP<sup>4</sup>, couvrant la période 1965 à 2008<sup>5</sup>.

BP a divisé la production mondiale de pétrole en 49 pays (les principaux producteurs) et 5 régions regroupant les plus petits producteurs. **Les statistiques de BP démontrent qu'une trentaine de pays et régions, totalisant près de 60 % de la production mondiale de pétrole, ont définitivement traversé leur pic de production!**

<sup>4</sup> <http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622>

<sup>5</sup> BP, *BP Statistical Review of World Energy 2009*. Les données historiques (1965-2008) en format Excel workbook peuvent être téléchargées sur le site de BP à [www.bp.com](http://www.bp.com).

Ce portrait inquiétant de la production mondiale de pétrole, certains géologues pétroliers et analystes le voyaient venir dès la fin des années 1990. C'est ainsi que fut fondé l'ASPO (Association for the Study of Peak Oil & Gas) en 2000, avec comme mission d'éveiller la communauté internationale à l'avènement prochain du pic pétrolier à l'échelle mondiale, et à ses répercussions dévastatrices sur nos modes de vie si rien n'est fait pour diminuer rapidement notre consommation. Pour ce faire, l'ASPO organise des conférences internationales annuelles et met à la disposition du public beaucoup d'information sur son site Internet ([www.peakoil.net](http://www.peakoil.net)) de même que sur les sites des divers chapitres nationaux.

Dès 2003, le géologue pétrolier britannique à la retraite Colin Campbell, fondateur de l'ASPO, diffuse dans les infolettres de sa nouvelle association une courbe de production mondiale de pétrole et de gaz naturel liquide (propane, butane) très percutante. Cette courbe prédit, en effet, un pic pétrolier autour de 2007-2009 et une décroissance de la production mondiale de 33 % en 2030 par rapport à 2009. La version 2004 de ce graphique est reproduite ci-dessous.

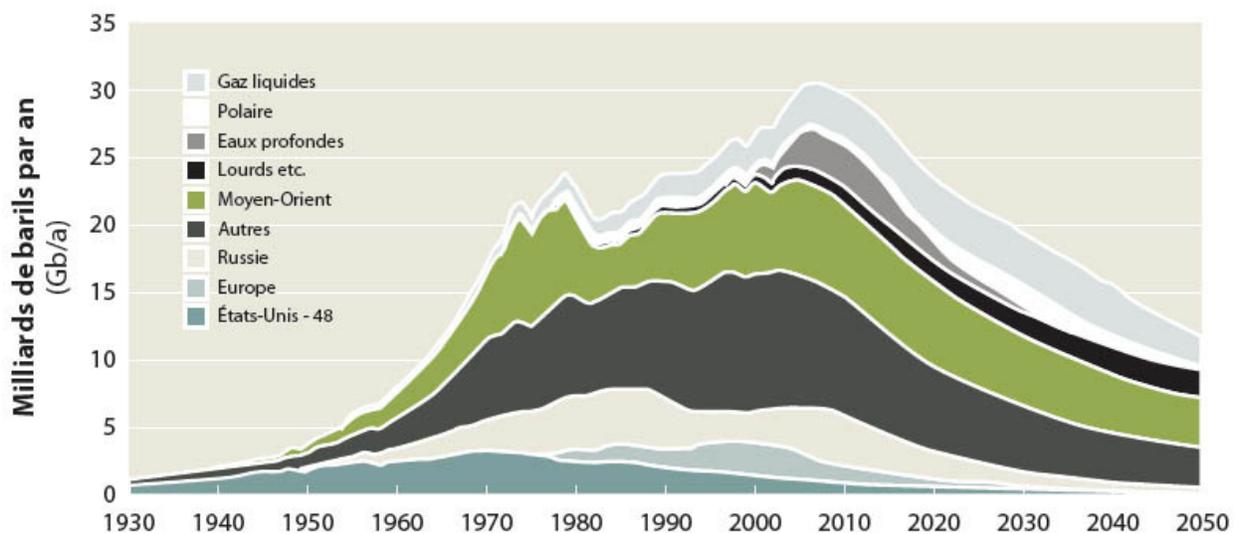


Figure 1.1 : Courbe montrant la production mondiale de pétrole et de liquides de gaz naturel, jusqu'en 2050, selon Colin Campbell (2004), le fondateur de l'ASPO.

Considérant que la demande mondiale va s'accroître d'ici 2030, en raison des pays en émergence, inutile de dire que la situation est très préoccupante, puisqu'elle menace la sécurité nationale et l'économie des pays importateurs de pétrole. La gravité du problème a incité certaines instances concernées à prendre la question très au sérieux.

C'est ainsi que le **Département de l'énergie (DOE)** étatsunien a mandaté des consultants sous la supervision de Robert Hirsch, un spécialiste en énergie et en pétrole, pour la production du rapport « *Peaking of World Oil Production : Impacts, Mitigation, & Risk Management* »<sup>6</sup>. Ce rapport, publié en février 2005, conclut que le pic pétrolier devrait arriver avant 2025. Voici un extrait particulièrement éloquent quant aux conséquences de reporter à plus tard les actions à prendre :

« *The peaking of world oil production presents the U.S. and the world with an unprecedented risk management problem. As peaking is approached, liquid fuel prices and price volatility will increase dramatically, and, without timely mitigation, the economic, social, and political costs will be unprecedented. Viable mitigation options exist on both the supply and demand*

<sup>6</sup> Robert L. Hirsch et al., *Peaking of World Oil Production: Impacts, mitigation, & Risk Management*, février 2005. Téléchargement à [www.netl.doe.gov](http://www.netl.doe.gov), taper les mots Hirsch et oil dans la boîte de recherche.

sides, but to have substantial impact, they must be initiated more than a decade in advance of peaking. »

« Le fait d'atteindre le pic dans la production de pétrole met les États-Unis et le monde face à un problème de gestion de risque sans précédent. En approchant du pic, les prix des carburants liquides et leur volatilité vont augmenter de façon dramatique, et, sans mesures atténuantes introduites à temps, les coûts économiques, sociaux et politiques vont être sans précédent. Des mesures d'atténuation viables existent autant du côté de la demande que de l'offre, mais pour avoir un impact déterminant elles doivent être initiées plus d'une décennie avant le pic. » (Traduction libre).

Il est particulièrement intéressant de noter qu'à la lueur des nouvelles informations sur le pic pétrolier sorties après son rapport, **Robert Hirsch** déclarait en 2009, dans une entrevue donnée à EV World<sup>7</sup>, que selon lui le pic pétrolier serait atteint d'ici 2014.

Par ailleurs, l'organisme allemand **Energy Watch Group**, constitué par un groupe de scientifiques indépendants, sortait son rapport « *Crude Oil The Supply Outlook* » en 2007<sup>8</sup>. Selon ce rapport, le pic de production de pétrole aurait été atteint en 2007, et la décroissance après le pic serait plus rapide que ce que prédit Colin Campbell (figure 2.1). Leurs prédictions plus pessimistes s'appuient sur des décroissances observées plus rapides que prévu dans plusieurs champs pétrolifères. Le rapport du *Energy Watch Group* prévoit que la production en 2030 serait 50 % moindre qu'en 2007!

Au Royaume-Uni, plusieurs compagnies, préoccupées par les impacts d'un emballement du prix du pétrole sur leurs entreprises, ont formé le **Industrial Task Force for Peak Oil and Energy Security** (ITPOES) pour en savoir davantage, en finançant une étude indépendante. Le rapport intitulé « *The Oil Crunch, Securing the UK's energy future* »<sup>9</sup> a été publié en 2008. Sa conclusion est qu'il y a de fortes probabilités que le pic pétrolier arrive entre 2011 et 2015. L'ITPOES vient de publier un deuxième rapport en 2010, intitulé « *The Oil Crunch, A Wake-up call for the UK economy* »<sup>10</sup>. Les conclusions sont encore plus préoccupantes que le premier rapport, puisqu'on découvre dans la figure 6.6 que la demande pourrait excéder la production de 5 à 7 millions de barils par jour (Mb/j) en 2017, pour une demande globale de 92 Mb/j.

En ce qui concerne l'**Agence internationale de l'énergie** (AIE), elle prétend qu'il est possible de rencontrer la demande en pétrole d'ici 2030. En 2004, dans son « *World Energy Outlook 2004* »<sup>11</sup> l'agence anticipait une production de 124 millions de barils par jour (Mb/j) en 2030 alors qu'elle était de 77 Mb/j en 2002. Toutefois, dans l'édition 2008<sup>12</sup> de ce document bien connu, l'AIE révisé ses prévisions à la baisse pour 2030, à 104 Mb/j, et prévient que pour y arriver les pétrolières vont devoir investir massivement. Le chiffre avancé est 26 000 milliards de dollars sur la période 2007 à 2030, pour mettre en production l'équivalent de 6 fois celle de l'Arabie Saoudite en 2008 (10,8 Mb/j). Sachant que ce pays est le plus gros producteur mondial de pétrole, on réalise l'ampleur du défi. Si autant de pétrole nouveau est nécessaire, c'est dû à l'épuisement anticipé par l'AIE des champs pétrolifères conventionnels présentement en production. La figure 1.2, ci-dessous, le montre bien.

<sup>7</sup> Steve Andrews, *The Stonewalling of Peak Oil*, Entrevue avec Robert Hirsch parue le 9 septembre 2009 sur le site de EV World ([www.evworld.com](http://www.evworld.com)) : <http://www.evworld.com/article.cfm?storyid=1751>

<sup>8</sup> Werner Zittel et Jörg Schindler (Energy Watch Group), *Crude Oil The Supply Outlook*, octobre 2007. Téléchargement à [www.energywatchgroup.org](http://www.energywatchgroup.org)

<sup>9</sup> UK Industrial Taskforce on Peak Oil & Energy Security (ITPOES), *The Oil Crunch, Securing the UK's energy future*, octobre 2008. Téléchargement à [www.peakoiltaskforce.net](http://www.peakoiltaskforce.net)

<sup>10</sup> UK Industrial Taskforce on Peak Oil & Energy Security (ITPOES), *The Oil Crunch, A wake-up call for the UK economy*, février 2010. Téléchargement à [www.peakoiltaskforce.net](http://www.peakoiltaskforce.net)

<sup>11</sup> Agence Internationale de l'Énergie, *World Energy Outlook 2004*, 2004. Téléchargement à [www.iea.org](http://www.iea.org) dans la section publications.

<sup>12</sup> Agence Internationale de l'Énergie, *World Energy Outlook 2008*, 2008. Téléchargement à [www.iea.org](http://www.iea.org) dans la section publications.

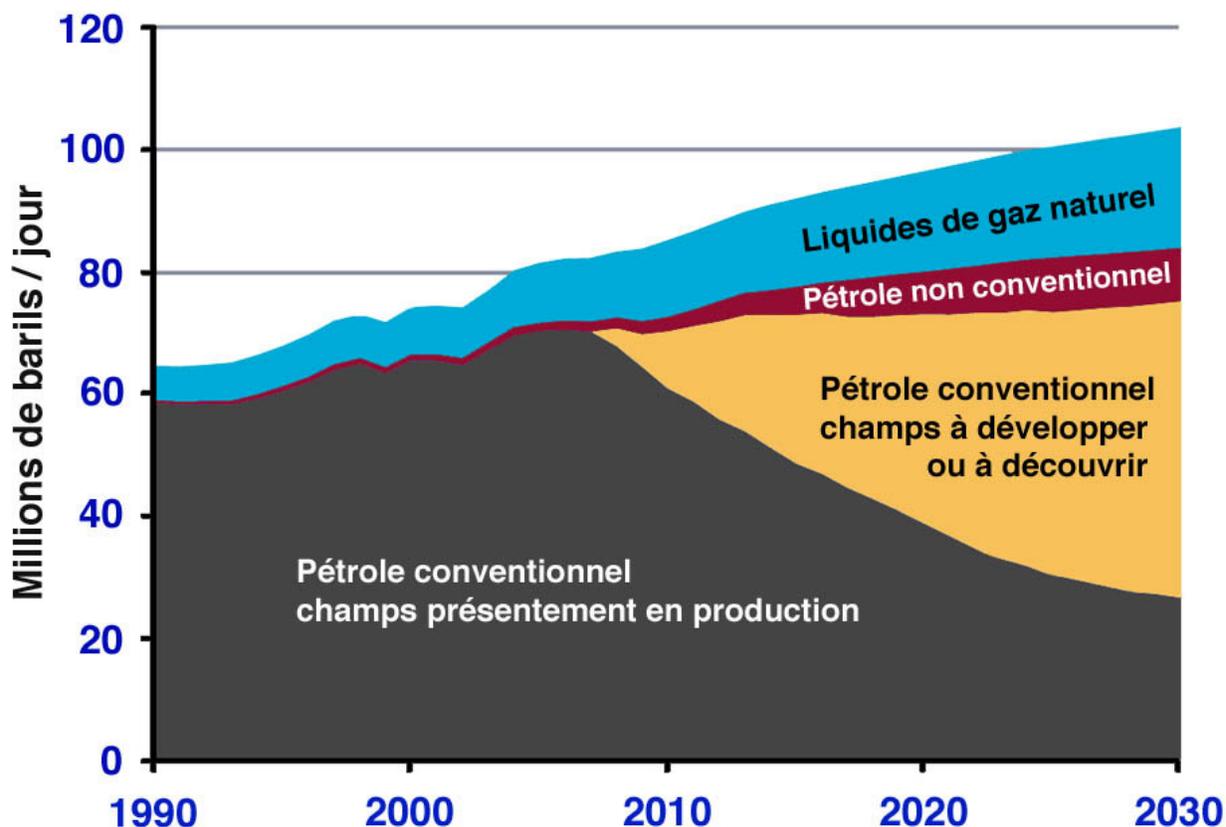


Figure 1.2 : Courbe montrant la production mondiale de pétrole et de liquides de gaz naturel, jusqu'en 2030, selon les vues de l'Agence internationale de l'énergie, dans son document « World Energy Outlook 2008 ».

Plusieurs géologues et analystes pétroliers sont convaincus qu'il ne sera pas possible de mettre en production autant de pétrole en 20 ans dans le contexte actuel, alors qu'on en découvre 4 fois moins annuellement qu'on en consomme et que le pétrole est de plus en plus difficile à extraire (sables bitumineux, puits maritimes en eau profonde).

C'est le cas, entre autres, de **Kjell Aleklett, le président de l'ASPO** et directeur du *Groupe d'étude sur la déplétion des hydrocarbures* à l'Université d'Uppsala en Suède. Ce dernier vient de publier une analyse détaillée des prévisions de l'AIE<sup>13</sup> (Figure 1.2), avec des collègues. Les auteurs de l'article soulèvent les multiples « excès d'optimisme » des hypothèses de l'AIE, et arrivent à la conclusion qu'en 2030 la production de pétrole et de liquides de gaz naturel serait plutôt de 75 Mb/j, au lieu des 104 Mb/j annoncés par l'AIE, une différence de 29 Mb/j. Il en est de même de **Matthew Simmons, un analyste pétrolier** ayant accumulé 37 ans d'expérience dans le milieu, ex-conseiller de l'administration Bush, à ses débuts, et partenaire sénior de la firme *Simmons & Company International*<sup>14</sup> s'occupant de placements financiers dans le domaine du pétrole et de l'énergie. Monsieur Simmons dénonce les prévisions trop optimistes de l'AIE. Selon lui, la production mondiale de pétrole conventionnel pourrait chuter de 15 Mb/j d'ici 2020, comme il l'a déclaré à la revue *Forbes*, lors d'une entrevue en mars 2009<sup>15</sup>. Enfin, **trois**

<sup>13</sup> Kjell Aleklett et al., *The Peak of Oil Age – analysing the world oil production Reference scenario in World Energy Outlook 2008*, journal *Energy Policy*, Volume 38, No. 3, mars 2010, pages 1398-1414. Téléchargement de l'article tel que soumis (9 nov. 2009) à [www.fysast.uu.se/ges/en](http://www.fysast.uu.se/ges/en).

<sup>14</sup> <http://www.simmonsco-intl.com/>

<sup>15</sup> Christopher Helman, *Crude Cassandra*, Forbes.com, 2 mars 2009. Voir [www.forbes.com/forbes/2009/0302/022\\_crude\\_cassandra.html](http://www.forbes.com/forbes/2009/0302/022_crude_cassandra.html)

**chercheurs de l'Université du Koweït** viennent de publier en 2010, dans le journal scientifique *Energy & Fuel*<sup>16</sup>, une étude étoffée sur les perspectives d'extraction de pétrole des principaux pays producteurs. Leur conclusion est que le pic mondial de production de pétrole conventionnel sera atteint en 2014, et que la production mondiale de pétrole conventionnel en 2030 devrait être environ 15 % inférieure à celle de 2010.

Pour terminer ce survol des développements récents autour du pic pétrolier, mentionnons un avertissement sévère du *Commandement des forces armées unifiées* des États-Unis (**Joint Forces Command**) dans son rapport « *Joint Operating Environment 2010* » (The JOE 2010)<sup>17</sup>. On y lit:

« *By 2012, surplus oil production capacity could entirely disappear, and as early as 2015, the shortfall in output could reach nearly 10 MBD* »

« *D'ici 2012 le surplus de capacité de production de pétrole pourrait disparaître entièrement, et aussitôt qu'en 2015 l'insuffisance de production pourrait atteindre presque 10 Mb/j* » (traduction libre).

**Trop de faits confirment la décroissance imminente de la production mondiale de pétrole pour les ignorer. Surtout que la conséquence inéluctable de cette décroissance dans un contexte d'accélération de la demande est un emballement du prix de l'or noir, qui risque de déclencher une crise économique sans précédent.** Ce n'est pas seulement le coût du transport des personnes qui sera affecté, mais également celui d'un grand nombre de denrées qui font beaucoup de kilomètres avant d'arriver dans nos magasins.

**Nos gouvernements doivent se réveiller, car ils ont un rôle essentiel à jouer dans cette transition historique,** comme nous le dit l'ex-conseiller scientifique principal du Royaume-Uni (de 2000 à 2007), Sir David King, dans une entrevue pour le journal *The Guardian*<sup>18</sup>. Selon lui, nos gouvernements ont « la tête dans le sable » face à la déplétion du pétrole. Il précise pour cet article:

« *It is down to government to steer us towards a defossilised economy using the regulatory and financial incentives available.* »

« *Il revient au gouvernement de nous conduire vers une économie décarbonnée, en utilisant les incitatifs réglementaires et financiers disponibles.* »

Notons que Sir King estime que la demande en pétrole va dépasser l'offre aussi tôt qu'en 2015, tel que rapporté dans l'article.

<sup>16</sup> Ibrahim Sami Nashawi et al., *Forecasting World Crude Oil Production Using Multicyclic Hubbert Model*, *Energy & Fuel*, Volume 24, No. 3, 4 février 2010, pages 1788 à 1800: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ef901240p>

<sup>17</sup> United States Joint Forces Command, *Joint Operating Environment 2010*, février 2010. Téléchargement à <http://www.jfcom.mil/newslink/storyarchive/2010/pa031510.html>.

<sup>18</sup> David Adam, *Top scientist says politicians have 'heads in the sand' over oil*, *The Guardian*, 9 juin 2010. Voir [www.guardian.co.uk](http://www.guardian.co.uk).

### 1.3.2 La situation au Québec

Jusqu'à présent, nous avons présenté la situation mondiale du pétrole, mais qu'en est-il plus précisément au Québec? À quoi doit-on s'attendre d'ici 2030?

Tout d'abord, regardons l'origine du pétrole importé dans la belle province. Les statistiques sur l'énergie publiées sur le site du *Ministère des ressources naturelles et de la faune*<sup>19</sup> nous font le portrait de la situation pour l'année 2008, et nous permettent de produire le graphique de la figure 1.3 représentant la répartition des fournisseurs.

Ce graphique nous apprend que 34 % des approvisionnements du Québec en pétrole proviennent du **Mexique**, de la **Norvège** et du **Royaume-Uni**, trois pays qui ont traversé leur pic de production et qui sont en décroissance rapide, comme nous l'avons vu plus haut. **On peut donc s'attendre que ces fournisseurs ne le soient plus en 2020.**

Par ailleurs, comme on peut le constater sur le graphique, 53 % du pétrole provient de l'Algérie et de l'Angola en 2008. Or, comme nous l'avons vu plus haut, trois chercheurs de l'Université du Koweït viennent de publier une étude étoffée en 2010<sup>20</sup>, sur les perspectives d'extraction de pétrole des principaux pays producteurs, dont l'Algérie et l'Angola. Pour obtenir leurs prévisions, ils ont utilisé une version raffinée de la théorie de Marion King Hubbert qui avait prédit correctement le pic pétrolier étatsunien. Cette étude koweïtienne prévoit que l'Algérie, qui a fourni 39 % du pétrole québécois en 2008, devrait atteindre son pic en 2013, et que la décroissance rapide prévue par la suite devrait ramener la production de ce pays en 2025 à moins de 1/4 de ce qu'elle est en 2010, puis à 1/10 en 2030. L'Angola, qui a fourni 14 % du pétrole québécois en 2008, devrait atteindre son pic en 2010 et diminuer rapidement par la suite, à un rythme similaire à celui de l'Algérie. Par conséquent, **le pétrole africain (en vert dans la figure 1.3) ne serait plus disponible pour les Québécois d'ici 2030.**

En fait, en 2025 près de 70 % du pétrole importé par le Québec en 2008 ne pourrait plus l'être, du moins des mêmes sources, et c'est plus de 80 % du pétrole de nos fournisseurs actuels qui ne serait plus accessible en 2030. Il faudra donc chercher d'autres fournisseurs, dans un contexte où un grand nombre de pays vont faire face aux mêmes problèmes d'approvisionnement, alors que la ressource se raréfie et la demande augmente. Des tensions géopolitiques importantes sont donc à prévoir pour mettre la main sur le pétrole restant, et le poids du Québec est infime dans cette lutte prévisible entre les puissances mondiales.

L'alternative à l'importation de pétrole de pays étrangers est d'approvisionner le Québec à partir de celui produit au Canada, puisque notre pays est un exportateur net de pétrole. La figure 1-3 nous montre que 8 % du pétrole utilisé au Québec en 2008 provenait du Canada. En fait, ce pétrole nous arrive de Terre-Neuve, et aucun n'entre présentement au Québec en provenance de l'Ouest canadien. Toutefois, en 1990, environ 25 % du pétrole consommé au Québec venait des provinces de l'Ouest, via le pipe-line entre Sarnia et Montréal. Mais, la forte demande de nos voisins du Sud, et la mise en production de plateformes de forage dans les provinces maritimes, au cours des années 1990, a changé la donne. En 1999, le flux dans le pipeline Sarnia-Montréal a été inversé pour désormais transporter l'or noir d'est en ouest, ce qui a permis d'envoyer davantage de pétrole de l'Alberta et de la Saskatchewan vers les États-Unis. Par ailleurs, le pétrole provenant des plateformes de forage des provinces maritimes se retrouve en majeure partie dans le nord-est des États-Unis.

<sup>19</sup> Voir [www.mrnf.gouv.qc.ca/energie/statistiques](http://www.mrnf.gouv.qc.ca/energie/statistiques)

<sup>20</sup> Ibrahim Sami Nashawi et al., *op.cit.*

## Provenance du pétrole québécois en 2008

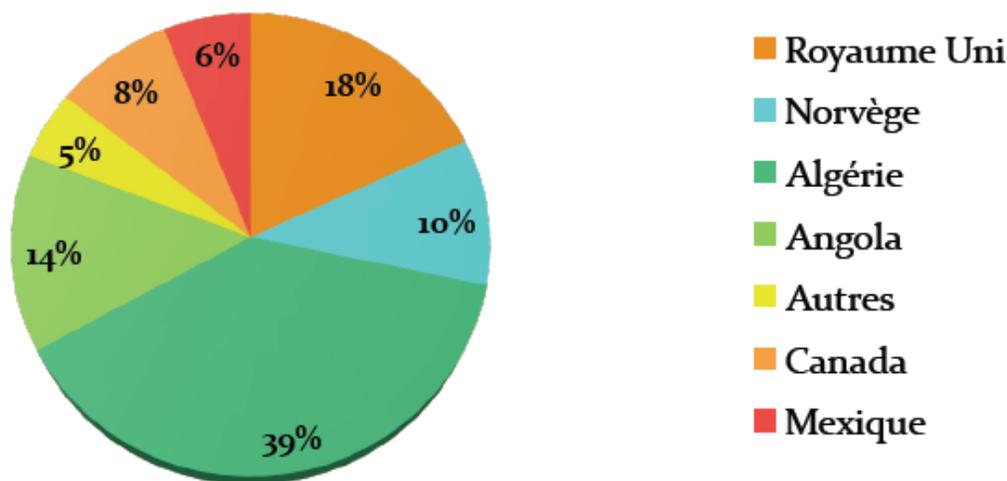


Figure 1.3 : Graphique montrant la provenance du pétrole importé au Québec en 2008, selon les statistiques du Ministère des ressources naturelles et de la faune de la province.

On pourrait penser que le Canada n'a qu'à réduire ses exportations aux États-Unis et inverser à nouveau le débit du pipe-line Sarnia-Montréal pour approvisionner le Québec. Mais les choses ne sont pas si simples. Tout d'abord, depuis que nous avons signé l'Accord de libre échange nord-américain (ALENA) en 1994, le Canada se doit de respecter la clause de proportionnalité de l'ALENA qui stipule que toute réduction d'exportation de pétrole aux États-Unis doit s'accompagner d'une réduction proportionnelle des livraisons de pétrole aux consommateurs canadiens. Et renégocier l'ALENA à la baisse pour nos exportations de pétrole aux États-Unis n'est pas une mince affaire. Surtout dans le contexte de la prochaine décennie où les États-Unis, qui importent près des 60 % de leur pétrole, vont également se retrouver dans une situation très difficile, qui risque d'ébranler leur sécurité nationale. Si la renégociation s'avère impossible, il faudrait encore augmenter la production de pétrole à partir des sables bitumineux, pour approvisionner le Québec, car la production de pétrole conventionnel à Terre-Neuve et ailleurs au Canada est en décroissance.

Toutes ces questions et inquiétudes sur l'approvisionnement en pétrole de l'Est canadien sont soulevées par Larry Hughes du Groupe de recherche en énergie de l'Université d'Halifax, dans un article publié en 2010 dans le journal *Energy Policy*<sup>21</sup>.

**L'option d'approvisionner le Québec avec du pétrole canadien nous conduirait donc à une augmentation de l'exploitation des sables bitumineux, d'où proviendra d'ailleurs la grande majorité du pétrole canadien en 2030<sup>22</sup>. Mais, cette perspective vient à l'encontre du leadership que veulent se donner les Québécois en matière d'énergies renouvelables et le développement durable.** En effet, selon un rapport de l'organisation internationale

<sup>21</sup> Larry Hughes, *Eastern Canadian crude oil supply and its implications for regional energy security*, *Energy Policy*, numéro 38, 2010, pages 2692 à 2699. Téléchargement de la version de novembre 2009 à <http://dclh.electricalandcomputerengineering.dal.ca/enen/index.html>.

<sup>22</sup> Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP), *CRUDE OIL, Forecast, Markets & Pipelines*, Juin 2010. Téléchargement à <http://www.capp.ca/forecast/Pages/default.aspx#e4zTpApECMFt>

WWF<sup>23</sup> publié en 2008, si on tient compte des GES émis pour l'extraction et le raffinage des hydrocarbures, les carburants issus des sables bitumineux émettent de 20 % à 40 % plus de GES que les carburants issus du pétrole conventionnel, lorsqu'on considère les émissions du puits aux roues.

Or, n'oublions pas que les normes californiennes, adoptées par le Québec, prévoient une réduction des GES de 30 % à 35 % pour les voitures neuves en 2016. Par ailleurs, pour être cohérente dans sa législation, **la Californie vient de rendre effective en 2010 sa nouvelle norme de réduction des GES associés aux carburants eux-mêmes, la LCFS (Low Carbon Fuel Standard)<sup>24</sup>**. Cette norme prend en compte les émissions de GES du puits au réservoir des véhicules, et comptabilise les GES générés dans les procédés d'extraction et de fabrication des carburants. **La LCFS stipule que les GES reliés aux carburants devront être réduits progressivement dans la prochaine décennie, jusqu'à une diminution de 10 % en 2020** par rapport aux GES émis par les carburants pétroliers conventionnels de 2010. Sans cette nouvelle norme, les efforts des fabricants automobiles et des gouvernements pour réduire les GES émis par les véhicules via une réduction de leur consommation auraient pu être annulés par l'utilisation de carburants issus des sables bitumineux ou d'autres sources non conventionnelles énergivores.

La « solution » des sables bitumineux ne ferait que remettre à plus tard notre sortie incontournable de l'ère des carburants fossiles, avec un très lourd tribut à payer sur la détérioration de notre environnement.

Sans compter qu'en supposant que le Québec s'approvisionne en pétrole issu des sables bitumineux de l'Ouest canadien, les Québécois paieraient quand même le baril au prix du marché international. Et, compte tenu de la situation mondiale que nous venons de décrire, il ne fait nul doute que le prix du pétrole va grimper dès que l'offre ne suffira plus à la demande, d'ici quelques années seulement. Le prix risque même de s'emballer dans la prochaine décennie, si on se réfère à ce qui est arrivé en 2008, alors que le déséquilibre n'était pas encore réellement au rendez-vous entre l'offre et la demande. N'oublions pas que l'offre pourrait être de 8 % à 10 % en dessous de la demande dès 2015, si, comme nous l'avons vu, il venait à manquer alors 7 à 8 Mb/j de pétrole. Ce qui a sauvé la mise de 2008 à 2010 c'est la récession qui a fait chuter la consommation.

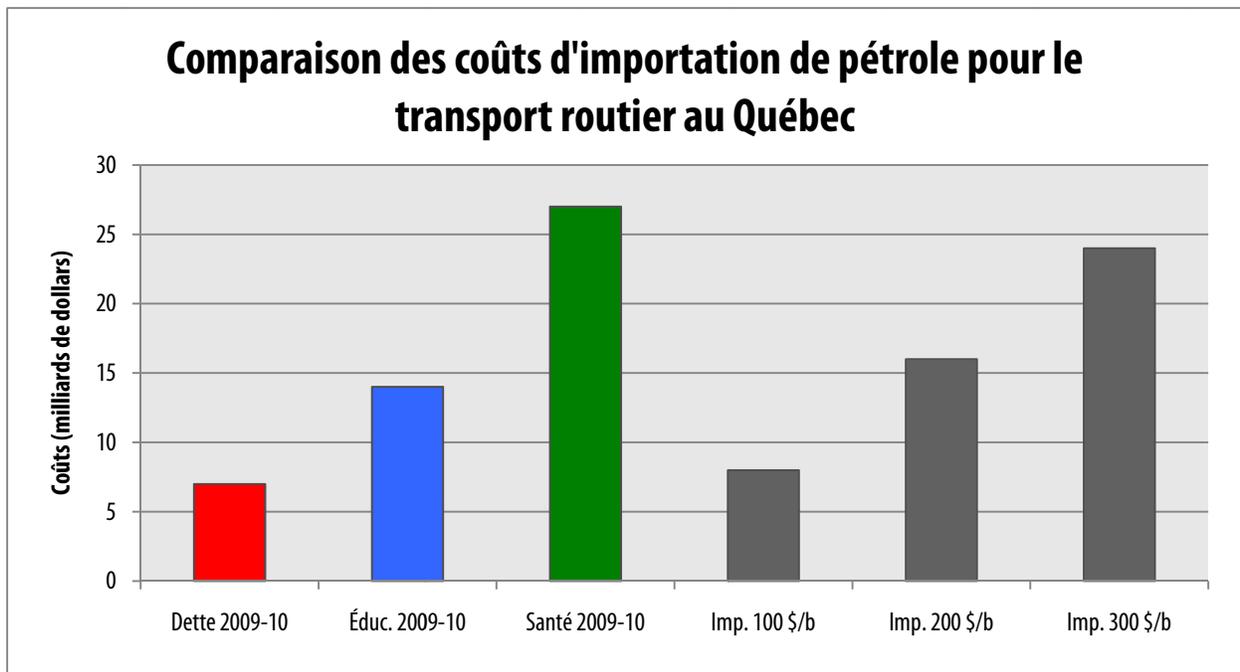
**Pour donner une idée de l'impact du prix du pétrole sur l'économie québécoise, il suffit de dire qu'à 100 \$ le baril, on envoie à l'extérieur du Québec environ 8 milliards de dollars (8 G\$) afin d'acheter le pétrole brut requis pour raffiner les 11,1 milliards de litres de carburant consommés par nos véhicules routiers en 2008<sup>25</sup>**. Il est bon de noter que la consommation de carburant pour les transports routiers ne représente que 60 % de la consommation totale de produits pétroliers énergétiques au Québec <sup>26</sup> (englobant tous les modes de transports, le chauffage des bâtiments et des procédés industriels).

<sup>23</sup> James Leaton et al., *Unconventional Oil – Scrapping the bottom of the barrel?*, Organisation WWF, 2008. Téléchargement à [www.panda.org/oilsands](http://www.panda.org/oilsands).

<sup>24</sup> Voir <http://gov.ca.gov/index.php?/fact-sheet/5155/>

<sup>25</sup> Le nombre de litres de carburants consommés par les véhicules routiers au Québec en 2008 est donné sur le site de Statistique Canada à [www40.statcan.gc.ca/102/ind01/13\\_4006\\_4021-fra.htm](http://www40.statcan.gc.ca/102/ind01/13_4006_4021-fra.htm). C'est 11,1 milliards de litres (essence + diesel). Pour le pétrole brut, nous ajoutons 15 %, car il y a des pertes au raffinage. On obtient ainsi 12,7 milliards de pétrole brut, soit 80,3 millions de barils (159 litres par baril), ce qui représente 8,03 G\$ à 100 \$ le baril.

<sup>26</sup> Le *Ministère des ressources naturelles et de la faune* du Québec évalue la consommation finale de produits pétroliers énergétiques dans la province, en 2007, à 16 millions de tep (tonnes équivalent pétrole), ce qui correspond à une consommation de 18,6 milliards de litres équivalent pétrole, et  $11,1 \div 18,6 = 0,6$ .



*Figure 1.4 : Graphique montrant les coûts d'importation du pétrole pour les transports routiers au Québec (en gris) comparés aux budgets québécois de 2009-2010 pour le remboursement de la dette, l'éducation, et la santé et les services sociaux. À 100 \$*

**Maintenant, lorsque le prix du baril atteindra 200 \$, c'est 16 G\$ qui sortiront de notre économie annuellement pour combler les besoins en carburant de nos transports routiers, soit plus que le budget de l'éducation du Québec, qui se chiffrait à 14 G\$ en 2009-2010. Enfin, si, avec l'exacerbation des marchés, l'or noir en arrivait à 300 \$ le baril d'ici 10 à 15 ans, c'est 24 G\$ qui s'envoleraient pour aller faire fructifier l'économie de pays lointains, afin d'assurer le fonctionnement de nos transports routiers, une somme similaire au budget de la santé et des services sociaux du Québec (27 G\$ en 2009-2010). N'oublions pas que le baril de pétrole a atteint près de 150 \$ en 2008, alors que les difficultés d'approvisionnement étaient loin de ce qui est anticipé d'ici 2020-2025.**

Par ailleurs, même si le Québec était très riche et pouvait se payer autant de pétrole qu'aujourd'hui en 2030, malgré un prix à 300 \$ le baril, il demeure que la quantité de pétrole disponible chez nos fournisseurs actuels ne sera pas suffisante et la compétition pour l'obtenir va être très féroce. Si les simulations que nous avons présentées plus haut, concernant les capacités de production de pétrole dans 15 à 20 ans s'avèrent justes, **il serait judicieux de se fixer un objectif de réduction de notre consommation de pétrole de 30 % en 2020 et de 60 % en 2030, par rapport à 2010, quitte à réviser cet objectif en 2020 si le besoin s'en faisait sentir. Notons qu'en 2009 la Suède s'est fixé comme objectif d'éliminer complètement les carburants fossiles des transports routiers d'ici 2030.**

Bien sûr, il faut essayer de trouver d'autres sources d'approvisionnement fiables en pétrole et à incidence minimale sur l'environnement, pour ralentir un peu le rythme de décroissance fulgurant anticipé pour sa production. Mais, **pour gérer cette décroissance rapide, nous allons devoir changer nos habitudes en diminuant les déplacements en voiture solo, et changer nos technologies en remplaçant le pétrole par de l'électricité principalement et des carburants alternatifs.**

# Chapitre 2

## Revue des technologies alternatives

Nous venons de le voir, nous n'avons pas d'autres choix que de diminuer rapidement et considérablement notre consommation de pétrole au Québec. Plusieurs technologies sont disponibles, mais certaines sont meilleures que d'autres, selon les divers besoins en transport. De plus, il faut tenir compte du contexte mondial des deux prochaines décennies, de même que celui du Québec dans nos choix de technologies alternatives.

Une revue critique et contextuelle des technologies s'impose donc, afin de ne pas dilapider les fonds publics dans des voies sans issues ou beaucoup trop chères inutilement.

### 2.1 Le contexte mondial et québécois

L'écart très important anticipé entre l'offre et la demande de pétrole, dans les deux prochaines décennies, en raison de la ressource qui s'épuise et la demande qui s'accélère, laisse entrevoir une crise économique majeure et probablement persistante. Par ailleurs, la contrainte qui nous est imposée de transformer radicalement nos technologies et nos moyens de transport en un cours laps de temps, fait en sorte que des sommes considérables vont devoir y être consacrées. Des choix judicieux vont donc devoir être faits afin de ne pas mettre en péril notre sevrage du pétrole, ce qui conduirait à une baisse importante de notre niveau de vie et de notre qualité de vie.

**En analysant les diverses technologies alternatives, le contexte économique difficile des prochaines années nous commande de privilégier celles qui vont pouvoir utiliser au maximum les infrastructures existantes.** Ce n'est certainement pas le temps de construire de nouvelles infrastructures à grands frais, si elles ne sont pas réellement nécessaires.

En plus du contexte économique mondial, il faut tenir compte également du contexte climatique et territorial du Québec dans notre choix des technologies. Le fait que nous habitons un territoire vaste et froid doit se refléter dans ce choix.

### 2.2 Les véhicules personnels

Le parc de véhicules routiers légers (<4 500 kg) québécois a atteint 4 613 923 unités en 2009, alors qu'il n'en comportait que 4 245 268 en 2005, selon Statistique Canada<sup>27</sup>. C'est donc une augmentation de 92 000 véhicules par année en moyenne, ce qui représente un taux de croissance annuel de 2 %. Pourtant, la population du Québec n'a augmenté en moyenne sur cette période que de 0,8 % par année, passant de 7 581 911 habitants en 2005 à 7 828 879 habitants en 2009<sup>28</sup>. **L'augmentation du nombre de véhicules légers a donc été 2,5 fois plus élevée que l'augmentation de la population, de 2005 à 2009.**

<sup>27</sup> Voir le site Internet de *Statistique Canada* à [www.statcan.gc.ca/start-debut-fra.html](http://www.statcan.gc.ca/start-debut-fra.html) et choisir « Transport » dans l'onglet Sujet.

<sup>28</sup> Voir le thème « Démographie » sur le site *Banque de données des statistiques officielles sur le Québec* à [www.bdso.gouv.qc.ca](http://www.bdso.gouv.qc.ca).

Par ailleurs, **on peut estimer le nombre de véhicules hybrides au Québec en 2009 à environ 14 000**<sup>29</sup>. Ces véhicules, consommant beaucoup moins de carburant, ne représentaient alors que **0,3 % du parc de véhicules routiers légers québécois**, après presque dix ans d'introduction de la technologie hybride sur le marché nord-américain.

Le fait que les Québécois achètent de plus en plus de véhicules personnels et très peu d'hybrides nous fait réaliser l'ampleur du défi devant nous pour diminuer de façon importante notre consommation de pétrole dans la prochaine décennie. Introduire des véhicules qui pourront fonctionner partiellement ou entièrement à l'électricité alors qu'ils coûteront plus cher constitue un obstacle de plus à la pénétration de ces nouvelles technologies. Pourtant, d'ici quelques années, on pourra économiser en carburant, sur la vie de certains véhicules, un montant supérieur au surplus qu'on aura payé pour son achat.

Force est donc de constater que pour arriver à diminuer notre consommation de pétrole de 60 % d'ici 20 ans dans les transports routiers, on va devoir attaquer le problème sur plusieurs fronts simultanément, car le taux de pénétration des nouveaux véhicules personnels à motorisation électrique risque fort d'être insuffisant.

**En fait, il va falloir considérer sérieusement une stabilisation voire une diminution du nombre de véhicules personnels, et une augmentation substantielle de l'offre des transports collectifs, via des politiques appropriées. Les transports collectifs devront, bien entendu, être électrifiés autant que possible et offrir un confort et une efficacité susceptibles d'inciter plus de gens à les utiliser.**

Pour ce qui est des véhicules personnels à motorisation électrique, plusieurs technologies sont fonctionnelles, mais elles ne sont pas toutes aussi intéressantes. On doit choisir la bonne technologie pour le bon créneau, et certaines sont difficilement conciliables avec le contexte économique, territorial et climatique dont nous avons parlé plus haut.

Une chose est sûre, toutefois, le Québec dispose d'électricité en abondance pour effectuer le virage de l'électrification des transports. En effet, on apprend sur le site d'Hydro-Québec<sup>30</sup> qu'un million de voitures électriques consommerait moins de 2 % de l'électricité utilisée par les Québécois. **Ainsi, en supposant que 75 % du kilométrage total des véhicules légers de la province soit effectué en mode électrique, il faudrait rendre disponible environ 6 % de l'électricité consommée au Québec présentement.** Mais, cette transformation se ferait sur 20 ans, ce qui représente un taux de croissance annuel de seulement 0,3 %, qu'on pourrait récupérer facilement grâce à l'efficacité énergétique, sans avoir à construire de nouveaux barrages.

<sup>29</sup> Selon deux communiqués de *Toyota Canada Inc.* (TCI), publiés le 4 août et le 4 septembre 2009 sur leur site à <http://media.toyota.ca/pr/tci/fr/news.aspx> on peut dire qu'en août 2009 les ventes de véhicules hybrides des marques Toyota et Lexus atteignaient 42 289 unités au Canada depuis leur introduction en Amérique du Nord, en 2000. En multipliant ce nombre par le pourcentage que représente la population du Québec (23 %) on aurait donc sur le territoire québécois environ 9 725 véhicules hybrides de TCI. Par ailleurs, sur le site de l'*Electric Drive Transportation Association* des États-Unis (à [http://www.electricdrive.org/index.php?ht=d/Articles/cat\\_id/5514/pid/2549](http://www.electricdrive.org/index.php?ht=d/Articles/cat_id/5514/pid/2549)), on apprend qu'en 2009 les ventes de véhicules hybrides des autres marques (GM, Ford, Honda et Nissan) totalisaient ensemble 49 % des ventes de Toyota et Lexus réunis. En supposant des proportions similaires au Québec, et en tenant compte du fait que les hybrides de Ford, GM et Nissan ne sont disponibles que depuis quelques années, le chiffre de 14 000 véhicules hybrides au Québec en 2009 nous apparaît comme une approximation réaliste.

<sup>30</sup> Voir le site d'Hydro-Québec à [www.hydroquebec.com/electrification-transport](http://www.hydroquebec.com/electrification-transport)

### 2.2.1 Les véhicules électriques à batterie

Les véhicules électriques à batterie (VÉB) n'ont qu'une source d'énergie à bord du véhicule, celle de l'électricité stockée dans la batterie. Cette batterie est donc plus grosse que celles de toutes les autres catégories de véhicules décrits plus loin.

Les VÉB étaient plus nombreux à la fin du 19<sup>e</sup> siècle que les véhicules à essence. Mais ces derniers ont pris le dessus après qu'Henry Ford ait démarré la production en chaîne des voitures à essence, en 1908. La suprématie des voitures à essence s'est imposée principalement pour quatre raisons<sup>31 32</sup>:

- le coût d'une voiture à essence était bien moindre qu'une voiture électrique,
- les voitures à essence commerciales allaient plus vite,
- l'autonomie des voitures à essence était bien supérieure,
- on pouvait faire le plein d'essence en 5 minutes vs 10 heures pour recharger la batterie d'une voiture électrique.

En fait, ces quatre faiblesses des voitures électriques étaient toutes liées aux contraintes des batteries de l'époque. Ces batteries ne pouvaient débiter suffisamment de courant, on ne pouvait pas les recharger rapidement, elles coûtaient cher, et elles étaient trop lourdes pour la quantité d'énergie qu'on pouvait y stocker.

Mais, récemment, avec l'avènement des nouvelles batteries Li-ion, les performances des VÉB ont bien changé. Tesla Motors<sup>33</sup>, une nouvelle compagnie automobile, l'a démontré avec sa Roadster en 2006. Cette voiture sport tout électrique atteint une vitesse de 200 km/h et son accélération de 0 à 100 km/h en 4 secondes est impressionnante. Nuls doutes que Tesla Motors a fait disparaître les préjugés de plusieurs personnes face aux performances des automobiles électriques.

Toutefois, le coût élevé des batteries Li-ion en 2010, et leur poids encore considérable, constituent toujours deux contraintes majeures associées aux véhicules électriques à batteries. Pour fixer les idées, on peut dire que le prix d'une batterie permettant à une voiture électrique intermédiaire de parcourir 100 km, en cycle mixte, est d'environ 15 000 \$, alors que le poids de la batterie pour 100 km d'autonomie est approximativement de 200 kg (voir l'encadré). Il en résulte que **si on voulait donner une autonomie de 400 km à une voiture électrique à batterie, la batterie coûterait, en 2010, de l'ordre de 60 000 \$ et son poids avoisinerait 800 kg, soit l'équivalent de 10 adultes de 80 kg.**

Bien sûr, le prix des batteries va décroître avec la production en grandes séries, et leur poids va s'alléger, éventuellement, en développant de nouvelles chimies. Mais la première génération de véhicules électriques commerciaux utilisant les batteries Li-ion devra composer avec ces contraintes sévères.

On comprend dès lors pourquoi la grande majorité des voitures électriques à batterie qui entrent sur le marché en 2011-2012 vont afficher une autonomie de 120 km à 160 km.

Par ailleurs, il faut savoir que plusieurs fabricants donnent comme autonomie de leur véhicule uniquement celle qui correspond à un cycle de conduite urbaine, alors que la conduite sur les routes et autoroutes diminue l'autonomie. Par exemple, la nouvelle compagnie Coda Automotive<sup>34</sup>, qui commercialise une voiture électrique à batterie (la Coda), affiche une autonomie 25 % plus

<sup>31</sup> Judy Anderson et Curtis D. Anderson, *Electric and Hybrid Cars, A History*, Éd. McFarland & Company Inc., Jefferson, Caroline du Nord, 2005.

<sup>32</sup> Michael H. Westbrook, *The Electric Car*, The Institution of Electrical Engineers, IEE Power and Energy Series 38, réimpression 2005.

<sup>33</sup> Voir [www.teslamotors.com](http://www.teslamotors.com)

<sup>34</sup> Voir [www.codaautomotive.com](http://www.codaautomotive.com)

faible pour le cycle de conduite sur routes et autoroutes, par rapport au cycle de conduite urbaine. De plus, au Québec, il faut chauffer l'habitacle en hiver et la batterie perd un peu de sa capacité au froid, ce qui se traduit par une autonomie encore plus réduite, qu'il reste à évaluer en conditions réelles de conduite. **On peut donc s'attendre à ce que plusieurs conducteurs aient des autonomies réelles substantiellement plus basses que celles annoncées.**

Un autre élément important à considérer est la durée de vie des batteries. La batterie de la Chevrolet Volt sera garantie pour 8 ans ou 160 000 km<sup>35</sup>, et celle de la Coda Sedan jouira de la même garantie. La batterie de la Roadster de Tesla Motors devrait avoir une durée de vie de 7 ans ou 160 000 km, selon le site de Tesla Motors ([www.teslamotors.com/roadster/specs](http://www.teslamotors.com/roadster/specs)). En ce qui concerne la durée de vie des voitures, le petit nombre de pièces mobiles qu'elles comportent et la fiabilité des moteurs électriques devraient leur conférer une durée de vie d'une quinzaine d'années. **Il faudra donc acheter une deuxième batterie, si on veut faire 20 000 km par année pendant 15 ans.** C'est d'ailleurs ce que précise une étude du *National Renewable Energy Laboratory* (NREL), publiée en 2010, sur les coûts d'électrification des véhicules<sup>36</sup>.

Or, pour une voiture électrique intermédiaire dont la batterie permet une autonomie en cycle mixte de 150 km, on doit s'attendre à payer environ 22 500 \$ (voir l'encadré) pour la batterie (capacité de 30 kWh). En supposant que dans 8 ans, le prix des batteries ait diminué de 50 %, **le coût d'achat des deux batteries totaliserait approximativement 33 750 \$, pour un kilométrage de 300 000 km sur 15 ans. Pour le consommateur, on doit ajouter les taxes et les frais de financement.**

Si on veut évaluer le coût des batteries et de l'énergie, il faut savoir qu'une voiture électrique intermédiaire consomme approximativement 16 kWh/100 km. Le 20 kWh/100 km mentionné dans l'encadré plus haut correspond à la capacité de la batterie, et cette dernière est généralement surdimensionnée de 20 % pour augmenter sa durée de vie. **En considérant un prix moyen de 11 ¢/kWh pour les 15 prochaines années, incluant la TPS et la TVQ au taux actuel, on aura un coût d'électricité total pour 300 000 km de 5 280 \$.**

---

<sup>35</sup> Voir <http://www.chevroletvoltage.com/index.php/Volt/even-more-peace-of-mind-from-your-chevrolet-volt.html>

<sup>36</sup> A. Brooker, M. Thornton et J. Rugh, *Technology Improvement Pathways to Cost-Effective Vehicle*, rapport du National Renewable Energy Laboratory numéro NREL/CP-540-47454, février 2010.

## Le coût et le poids des batteries Li-ion performantes

La seule compagnie qui donne l'autonomie de sa voiture électrique autant en cycle urbain qu'en cycle sur routes et autoroutes est Coda Automotive qui commercialise la Coda, une berline électrique. La batterie de la Coda a une capacité de 33,8 kWh qui lui permet de parcourir 168 km en conduite mixte (50 % ville, 50 % route). Cette voiture a donc besoin de **20 kWh de batterie pour rouler 100 km en cycle mixte.**

Par ailleurs, dans leur étude publiée en février 2010 et intitulée « *Technology Improvement Pathways to Cost-Effective Vehicle* », les chercheurs du National Renewable Energy Laboratory (Rapport NREL/CP-540-47454 du NREL), concluent que le coût des batteries Li-ion performantes qui vont équiper la prochaine génération de véhicules électriques, en 2011-2012, se situe autour de 800 \$ /kWh pour une capacité de 30 kWh et une puissance de 100 kW. Plus précisément, la formule qu'ils préconisent pour le coût est **700 \$/kWh + 22 \$/kW + 680 \$**. D'un autre côté, l'article de Mike Ramsey dans le *Wall Street Journal* du 13 mai 2010, intitulé « *Nissan Says Leaf Will Be Profitable With U.S. Plant* », nous apprend que Mark Perry, le directeur de la planification des produits chez Nissan, a déclaré que le coût de la batterie de la Leaf (leur voiture électrique) est légèrement inférieur à 750 \$/kWh. L'information se retrouve également sur le blogue Autobloggreen ([www.green.autoblog.com](http://www.green.autoblog.com)) dans un billet du 15 mai 2010 intitulé « *WSJ: Nissan Leaf profitable by year three; battery cost closer to 18 000 \$* », par Eric Loveday. Nous retiendrons pour le prix 750 \$/kWh, soit **15 000 \$ de batterie du 100 km d'autonomie, en cycle mixte de conduite.**

Maintenant, la batterie de la Leaf, une batterie au manganate de lithium pèse 272 kilogrammes tout compris pour une capacité totale de 24 kWh, soit 11,3 kg/kWh. Cette chimie de batterie Li-ion est l'une de celles qui offre la plus grande capacité de stockage pour un poids donné. En multipliant 20 kWh par 11,3 kg du kWh, on obtient un poids de 226 kg pour 100 km d'autonomie. Nous retiendrons **200 kg/100 km** de conduite en cycle mixte, pour être conservateurs. Pour les caractéristiques de la batterie de la Leaf, voir le billet de Sebastian Bianco intitulé « *Details on Nissan Leaf battery pack, including how recharging speed affects battery life* » en date du 27 mai 2010, sur le blogue Autobloggreen ([www.green.autoblog.com](http://www.green.autoblog.com)).

Aux fins de comparaison, la figure 2.1 nous montre ce qu'il en coûte en carburant pour une voiture intermédiaire traditionnelle qui consomme 8 litres/100 km et une voiture intermédiaire hybride consommant 5 litres/100 km, sur la durée de vie des véhicules. Les calculs ont été faits pour trois prix du carburant à la pompe : 1 \$/litre, 2 \$/litre et 3 \$/litre.

La figure 2.1 nous montre également les coûts reliés à l'alternative où l'on utiliserait qu'une seule batterie sur la vie de notre voiture électrique (15 ans). Il faudrait alors recharger la batterie plus souvent dans les 7 ou 8 dernières années de vie de la voiture, puisqu'elle aurait perdu de sa capacité, avec comme conséquence une perte d'autonomie.

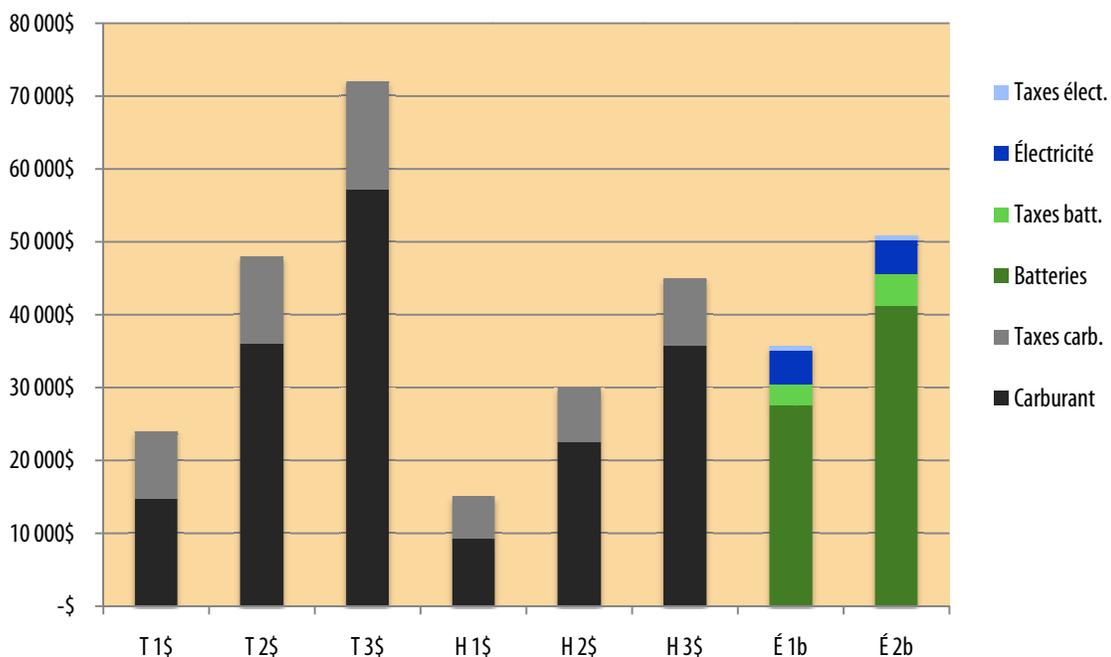
Il résulte de tout ceci que **la voiture électrique à batterie n'est pas économiquement viable dans les conditions actuelles (2010) et nécessiterait un support financier important pour pénétrer le marché.** Toutefois, il faut bien le dire, le prix des batteries va diminuer dans les prochaines années et leur durée de vie va augmenter, jusqu'à 15 ans et 300 000 km, car déjà les batteries au titanate de lithium nanométrique, développées à l'Institut de recherche d'Hydro-Québec, affichent des longévités supérieures pour des batteries prototypes<sup>37</sup>. Bientôt, nous n'aurons donc plus à acheter une deuxième

<sup>37</sup> M. Dontigny et al., *HQ Li4Ti5O12/LiFePO4 Power Battery for Fast Charge Applications*, 15th International Meeting on Lithium Batteries, Montréal, 27 juin au 2 juillet 2010 ([www.imlb.org](http://www.imlb.org)). Voir résumé 757 à [http://ecs-sat.peerx-press.org/jsp/mas/reportTechProg.jsp?MEETING\\_ID=102&SYM\\_ID=101](http://ecs-sat.peerx-press.org/jsp/mas/reportTechProg.jsp?MEETING_ID=102&SYM_ID=101).

batterie pendant la vie du véhicule. D'un autre côté, le prix du pétrole risque fort de monter rapidement au cours de la prochaine décennie.

Par ailleurs, on peut s'attendre à ce que l'entretien d'une voiture électrique coûte moins cher que pour une voiture traditionnelle du fait qu'il y a moins de pièces mobiles, pas de changements d'huile ou de réparation du système d'échappement. L'Association des automobilistes canadiens (CAA) nous apprend dans un document qu'elle diffuse <sup>38</sup> que l'entretien d'une voiture intermédiaire traditionnelle, excluant les pneus, est inférieur à 10 000 \$ sur les 300 000 km. Il serait donc plausible d'économiser sous cet aspect de l'ordre de 5 000 \$, mais cela reste à valider à l'usage.

## Comparaison des coûts pour l'énergie et les batteries sur la vie des voitures



**Figure 2.1 : Comparaison des coûts pour l'énergie et les batteries entre une voiture traditionnelle (T), consommant 8 litres/100km, une voiture hybride (H) consommant 5 litres/100km, et une voiture électrique (É) consommant 16 kWh/100km et disposant d'une autonomie de 150 km. Ces voitures intermédiaires parcourent 300 000 km à raison de 20 000 km/an pendant 15 ans. Trois prix du carburant sont considérés : 1 \$/litre (1\$), 2 \$/litre (2\$), et 3 \$/litre (3\$). Pour la voiture électrique, nous considérons deux options : on n'achète qu'une batterie (1b) de 30 kWh sur la durée de vie de la voiture, ou on achète une deuxième batterie (2b) après 8 ans, que l'on paiera 50 % du prix de la première, compte tenu des réductions de coûts anticipées pour les batteries d'ici 8 ans. Les taxes (TPS et TVQ) et le financement des batteries à 5 % d'intérêt sont inclus. Le coût moyen de l'électricité est de 11 ¢/kWh incluant les taxes, sur 15 ans. Au Québec, le prix des carburants à la pompe comporte des taxes qui sont constituées d'une partie fixe de 27,7 ¢/litre et d'une partie proportionnelle, la TPS et la TVQ<sup>39</sup>.**

<sup>38</sup> CAA, *Coût d'utilisation d'une automobile*, Éd. 2010. Télécharger à <http://caa.ca/automotive>

<sup>39</sup> Voir la page Info-Essence de CAA-Québec à [www.caaquebec.com/infoessence](http://www.caaquebec.com/infoessence)

**La viabilité économique des voitures électriques à batterie de 150 km d'autonomie pourrait par conséquent devenir une réalité d'ici 2015 à 2017.**

Toutefois, même lorsque ces voitures auront atteint la viabilité économique, leur autonomie limitée constituera toujours un handicap. Le prix des batteries va devoir diminuer d'un facteur 3 à 4 et leur poids s'alléger d'autant avant de pouvoir commercialiser des voitures électriques à batterie d'une autonomie de 300 km à un prix compétitif.

**Maintenant, si on voulait remplacer les voitures traditionnelles à grande échelle par des voitures électriques à batterie, nous n'aurions pas d'autre choix que de mettre en place une nouvelle infrastructure de recharge rapide des batteries. Nous devrions alors y consacrer des sommes très importantes afin d'avoir une couverture convenable de tout le territoire. De plus, cette nouvelle infrastructure prendrait du temps avant de se répandre jusque dans les endroits reculés.**

Dans l'option qui consiste à échanger une batterie vide pour une batterie pleine en quelques minutes, comme le propose la compagnie Better Place ([www.betterplace.com](http://www.betterplace.com)), il faut compter le coût des batteries supplémentaires en résidence dans les stations-service, ce qui augmente la facture. Sans compter que pour qu'une telle option fonctionne à grande échelle, tous les fabricants de voitures électriques doivent s'entendre et adopter un format universel pour les batteries, qui devront être positionnées au même endroit dans les voitures, ce qui réduit la flexibilité dans le design. Il n'est donc pas évident que les fabricants acceptent de se plier à une telle contrainte. Surtout que **les nouvelles batteries au titanate de lithium nanométrique, dont nous avons parlé plus haut, peuvent être rechargées en moins de 10 minutes à un poste de recharge rapide, sans être retirées du véhicule. Mentionnons également que ces batteries fonctionnent sans problème aux températures hivernales québécoises de -30 °C.**

**Enfin, advenant une panne électrique majeure et prolongée, comme la tempête de verglas en 1998 au Québec, non seulement nos maisons ne seraient plus fonctionnelles, mais nous serions privés également de transports. Le tout électrique a le désavantage de rendre notre société très fragile, du moins aussi longtemps que notre réseau électrique sera aussi centralisé.**

### 2.2.2 Les véhicules hybrides branchables

Une bonne façon de remédier à l'autonomie limitée des véhicules électriques à batterie est d'équiper le véhicule avec une plus petite batterie et deux moteurs, un électrique et l'autre thermique. On peut ainsi parcourir une partie substantielle des kilomètres à l'électricité, en rechargeant la batterie tous les jours chez soi, au travail ou ailleurs. Lorsque la batterie atteint son niveau de maintien, le moteur thermique démarre et fait fonctionner le véhicule. On peut alors faire le plein de carburant dans toutes les stations-service existantes.

C'est ce que les anglophones appellent un « plug-in hybrid vehicle », ce qu'on traduit souvent par « véhicule hybride rechargeable ». Mais cette appellation n'est pas aussi précise que l'expression anglaise, puisque le fait que la batterie soit rechargeable ne signifie pas qu'on puisse la connecter sur le réseau. Le moteur thermique peut actionner un générateur et recharger la batterie, comme c'est le cas avec les véhicules hybrides actuels. On voit donc de plus en plus l'expression « hybride branchable » qui est plus précise, même si on ne retrouve pas encore le mot branchable dans les dictionnaires de la langue française. C'est l'expression que nous utiliserons.

Plusieurs types de groupes de traction peuvent équiper les véhicules hybrides branchables (VHB). Dans **la configuration hybride dite parallèle**, le moteur thermique est connecté mécaniquement aux roues du véhicule et peut assister le moteur électrique à haute vitesse ou pour les fortes accélérations. Le moteur thermique de ces véhicules peut également actionner un générateur et recharger la batterie partiellement en cours de route. La prochaine Prius branchable de Toyota fait partie de cette catégorie. Elle pourra faire une vingtaine de kilomètres à l'électricité seulement, lorsque sa vitesse est inférieure à 100 km/h.

Dans **la configuration dite hybride série**, seul le moteur électrique est connecté aux roues du véhicule. Notons qu'il peut également y avoir plusieurs moteurs électriques sur le même véhicule. Le moteur thermique d'une hybride série ne fait qu'actionner un générateur pour recharger la batterie en cours de route et/ou alimenter directement le(s) moteur(s) électrique(s). C'est le type de groupe de traction que proposait, en 1994, Pierre Couture de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec, pour actionner les moteurs-roues électriques qu'il avait mis au point avec son équipe. On peut dire que M. Couture est le pionnier moderne de ce type de véhicules. La prochaine Chevrolet Volt de GM est une voiture hybride série branchable. Elle pourra parcourir jusqu'à 65 km en mode électrique, grâce à sa batterie qu'on recharge quotidiennement, avant que son moteur thermique n'entre en opération pour actionner un générateur.

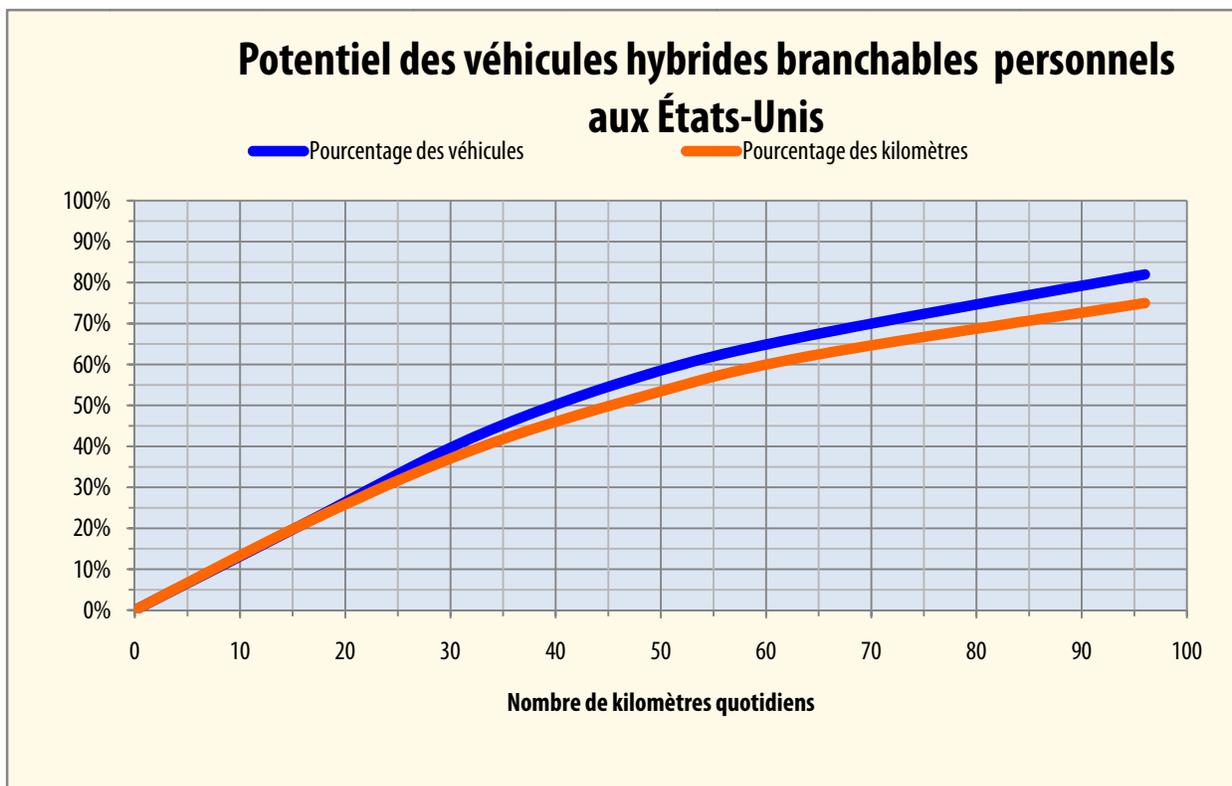
De plus en plus, on donne aux véhicules hybrides séries branchables l'appellation de **véhicules électriques avec prolongateur d'autonomie (VÉPA)**. Ce sont effectivement des véhicules électriques puisque seuls des moteurs électriques font avancer ces véhicules. En fait, la différence fondamentale avec un véhicule électrique à batterie est qu'au lieu d'avoir une batterie de 150 km d'autonomie, on en utilise une de 50 km. **En fait, on remplace le 100 km supplémentaire de batterie d'une voiture tout électrique par un petit groupe électrogène embarqué, dont la puissance varie généralement entre 25 kW et 50 kW** pour une voiture, selon les performances et la grosseur de voiture désirées. N'oublions pas que les appels de puissance sont gérés par la batterie, qui débite plus ou moins de courant, alors que le groupe électrogène opère près de la puissance moyenne du véhicule.

Maintenant, une batterie de 100 km coûte approximativement 15 000 \$, comme nous l'avons vu plus haut, alors qu'un groupe électrogène de 35 kW vaut approximativement 3 000 \$. **Une voiture hybride branchable coûte donc moins cher qu'une voiture électrique à batterie, peut jouir d'une autonomie de 600 km au lieu de 150 km, et faire le plein de carburant dans toutes les stations-service existantes.**

Les chercheurs du *Argonne National Laboratory*, aux États-Unis, ont simulé la grosseur de batterie requise pour obtenir un pourcentage donné du kilométrage réalisé à l'aide de l'électricité<sup>40</sup>. Leurs résultats sont présentés sur la figure 2.2.

---

<sup>40</sup> Anant D. Vyas et al., *Plug-In Hybrid Electric Vehicles' Potential for Petroleum Use Reduction : Issues Involved in Developing Reliable Estimates*, 88<sup>ième</sup> congrès annuel du Transportation Research Board, Washington, D.C., 11 au 15 janvier, 2009 ([www.transportation.anl.gov/publications](http://www.transportation.anl.gov/publications)).



*Figure 2.2 : Graphiques illustrant l'effet des véhicules hybrides branchables sur l'électrification des véhicules personnels aux États-Unis, selon les travaux du Argonne National Laboratory. La courbe en bleu montre le pourcentage cumulé des véhicules personnels qui parcourent moins de distance quotidiennement que le nombre de kilomètres indiqués. La courbe orangée montre quel pourcentage de tous les kilomètres parcourus par les véhicules personnels peuvent utiliser l'électricité lorsque ces véhicules sont des hybrides branchables avec une batterie donnant une autonomie électrique quotidienne égale au nombre de kilomètres indiqués. On suppose une recharge par jour. Bien sûr, tous les véhicules n'ont pas à avoir une si grosse batterie. Ceux dont le kilométrage est inférieur peuvent utiliser une plus petite batterie.*

On constate sur cette figure qu'avec les habitudes de conduite des Étatsuniens, si les véhicules personnels étaient tous des hybrides branchables avec une batterie de 25 km d'autonomie, on pourrait diminuer la consommation de pétrole de l'ensemble des véhicules personnels du tiers, en le remplaçant par de l'électricité. Avec des batteries permettant des autonomies allant jusqu'à 50 km, c'est un peu plus de la moitié des kilomètres qui seraient électriques. Et, pour des batteries procurant des autonomies allant jusqu'à 75 km, ce sont les deux tiers des kilomètres, parcourus par l'ensemble des véhicules personnels, qui se feraient avec de l'électricité, en réduisant d'autant la consommation de pétrole. Notons, toutefois, qu'un conducteur peut très bien faire 80 % de ses kilomètres à l'électricité avec une batterie lui donnant 50 km d'autonomie. Il ne faut pas oublier que les courbes de la figure 2.2 sont valables pour l'ensemble des véhicules personnels.

Bien sûr, ces statistiques sont reliées aux habitudes des Étatsuniens, dont le kilométrage annuel moyen des 237,4 millions de véhicules légers, en 2007, était de 18 850 000 km<sup>41</sup>. La même année, le Québec comptait 4,42 millions de véhicules légers dont le kilométrage moyen annuel était de 14 780 000 km<sup>42</sup>. **Ainsi, les Québécois parcourent 22 % moins de distances avec leurs véhicules que les Étatsuniens.** C'est donc dire qu'avec la même grosseur de batterie dans un véhicule hybride

<sup>41</sup> Stacy C. Davis et al., *Transportation Energy Data Book Ed. 28*, U.S. Department of Energy, 2009. Téléchargement à <http://cta.ornl.gov/data>

<sup>42</sup> Transports Canada, *Les Transports au Canada 2008*, mai 2009 (Tableau R04). Téléchargement à [www.tc.gc.ca/fra/politique/rapport-acc-anre2008-index-1185.html](http://www.tc.gc.ca/fra/politique/rapport-acc-anre2008-index-1185.html)

branchable similaire, au Québec, un plus grand pourcentage des kilomètres pourrait être parcouru à l'électricité que ce que nous montre la figure 2.2. **On peut donc s'attendre à ce qu'environ 60 % des kilomètres de tous les véhicules légers soient parcourus à l'électricité au Québec avec des batteries permettant une autonomie allant jusqu'à 50 km. C'est 60 % moins de pétrole consommé par ces véhicules.** Pour mieux préciser cette estimation, il faudrait, bien entendu entreprendre une étude détaillée des habitudes de conduite des Québécois.

Faisons maintenant un petit calcul de rentabilité, en comparant une voiture hybride branchable à une voiture traditionnelle consommant 8 litres/100 km et à une voiture hybride ordinaire consommant 5 litres/100 km. Nous supposons que la batterie autorise une autonomie en mode électrique de 50 km. Après ces 50 km parcourus à l'électricité (lorsque la batterie est déchargée et a atteint son niveau de maintien) la voiture hybride branchable roule en mode hybride ordinaire et consomme environ 5 litres/100 km.

Comme nous l'avons fait pour la voiture électrique à batterie, nous considérerons un kilométrage annuel de 20 000 km et une durée de vie de 15 ans. En faisant 50 km/jour à l'électricité et 300 km par semaine sans pétrole, on obtient 15 600 km électriques par année, et par conséquent 4 400 km parcourus avec du carburant, soit 22 % des kilomètres pour lesquels on consommera 5 litres/100 km.

Nous supposons que nous aurons besoin de deux batteries pour parcourir 300 000 km sur 15 ans, comme nous l'avons fait plus haut pour la voiture électrique à batterie, dont l'autonomie était de 150 km. Pour évaluer le coût de la batterie, nous utilisons la formule développée par les chercheurs du National Renewable Energy Laboratory mentionnée dans l'encadré plus haut, soit  $700 \text{ \$/kWh} + 22 \text{ \$/kW} + 680 \text{ \$}$ . La batterie étant plus petite (10 kWh de capacité) elle devra avoir une densité de puissance plus élevée pour donner au total une puissance de 100 kW, comme celle de la voiture électrique à batterie. Avec ces paramètres, on arrive à un coût de 9 880 \$ pour la batterie de 50 km, sans les taxes ni les frais de financement. Pour la deuxième batterie achetée au bout de 8 ans, elle coûtera vraisemblablement la moitié du prix de la première soit 4 940 \$.

À ce montant il faut ajouter celui de l'électricité consommée pour les 15 600 km électriques annuels pendant 15 ans, à raison de 16 kWh/100 km environ. En considérant un prix moyen de 11 ¢/kWh (TPS/TVQ incluses) pour les 15 prochaines années, on aura un coût total d'électricité de 4 118 \$ sur la vie de la voiture.

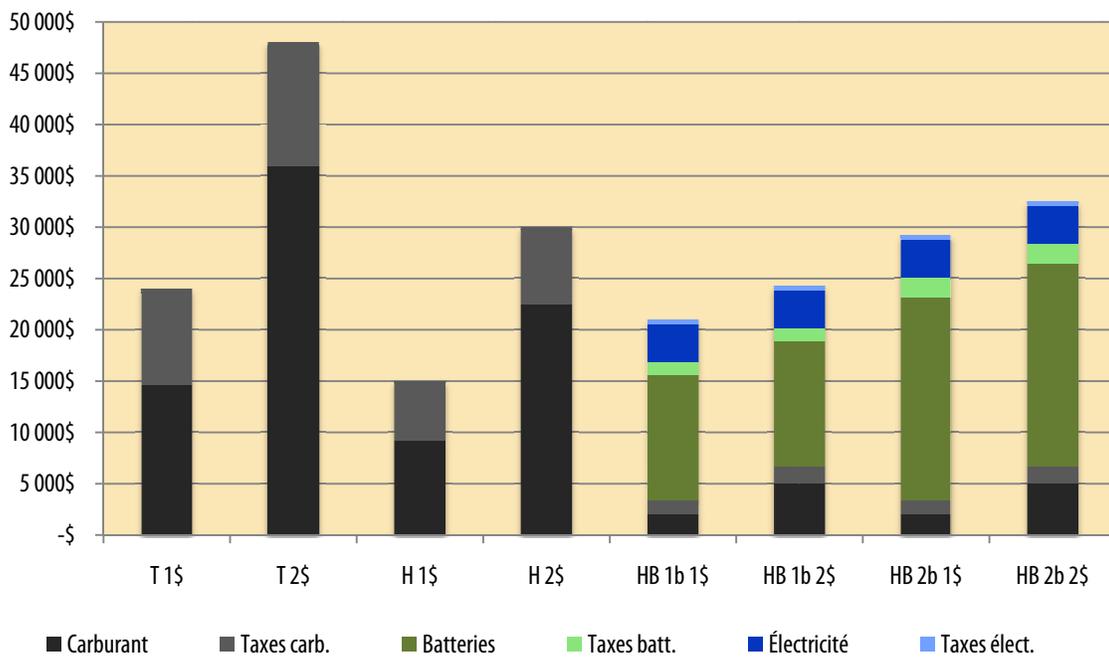
Il reste à ajouter à ce montant le coût du carburant pour rouler 4 400 km annuellement pendant 15 ans (total de 66 000 km), en consommant 5 litres/100 km. Nous considérerons deux prix différents des carburants à la pompe, soit 1 \$/litre, et 2 \$/litre. Dans ces conditions, le prix total du carburant consommé en 15 ans serait de 3 300 \$ et 6 600 \$ respectivement, incluant les taxes. La figure 2.3 fait la synthèse des coûts pour l'énergie et les batteries de trois voitures intermédiaires : une voiture traditionnelle (T), une voiture hybride ordinaire (H) et la voiture hybride branchable (HB) avec l'achat d'une batterie de 50 km (HB 1b) ou deux batteries (HB 2b) sur la vie de la voiture. La voiture hybride branchable fait 78 % de ses kilomètres à l'électricité et 22 % avec du carburant. Les voitures roulent, rappelons-le, 300 000 km sur 15 ans.

Ce qui ressort du graphique de la figure 2.3 c'est **qu'une voiture hybride branchable, avec l'achat d'une ou deux batteries, est déjà avantageuse sur les coûts d'énergie et de batteries par rapport à une voiture traditionnelle. De plus, la voiture hybride branchable pour laquelle on achète une seule batterie l'est par rapport à une voiture hybride ordinaire lorsque le prix du carburant à la pompe avoisine 1,50 \$/litre. Or, le prix moyen du pétrole sur les 15 prochaines années a toutes les chances d'être supérieur à 1,50 \$. Toutefois, le propriétaire d'une voiture hybride branchable aura des paiements mensuels supérieurs à ceux du propriétaire d'une voiture hybride ordinaire dans les 5 à 7 premières années, d'où l'importance d'offrir un incitatif pour faciliter la pénétration de cette technologie sur le marché.**

En n'utilisant qu'une seule batterie sur la vie d'une voiture hybride branchable, la batterie verra possiblement sa capacité diminuer progressivement de 20 % à 40 % sur les 8 dernières années. Mais puisqu'on peut utiliser du carburant lorsque la batterie est déchargée, cela pose moins de problèmes que pour une voiture électrique à batterie.

Par ailleurs, comme nous l'avons déjà précisé, le prix des batteries va diminuer dans les prochaines années et leur durée de vie va augmenter, jusqu'à 15 ans et 300 000 km. Bientôt, la performance des batteries va se maintenir pendant toute la durée de vie de la voiture.

## Comparaison des coûts pour l'énergie et les batteries sur la vie des voitures



**Figure 2.3 :** Comparaison des coûts pour l'énergie et les batteries entre une voiture traditionnelle (T), consommant 8 litres/100km, une voiture hybride (H) consommant 5 litres/100km, et une voiture hybride branchable (HB) consommant 16 kWh/100km en mode électrique et 5 litres/100km en mode carburant. La batterie permet une autonomie en mode électrique de 50 km. Ces voitures intermédiaires parcourent 300 000 km à raison de 20 000 km/an pendant 15 ans. Deux prix du carburant à la pompe sont considérés : 1 \$/litre (1\$) et 2 \$/litre (2\$). Pour la voiture hybride branchable, nous considérons deux options. La première où on n'achète qu'une batterie (1 b) de 10 kWh sur la durée de vie de la voiture. Le propriétaire devra alors la recharger plus souvent et composer avec une perte de puissance après 8 ans environ. Dans la deuxième option, on achète une deuxième batterie (2b) après 8 ans, que l'on paiera 50 % du prix de la première, compte tenu des réductions de coûts anticipées pour les batteries d'ici 8 ans. Le financement des batteries à 5 % d'intérêt est inclus. Le coût moyen de l'électricité est de 11 ¢/kWh incluant les taxes, sur 15 ans. Au Québec, le prix des carburants à la pompe comporte des taxes qui sont constituées d'une partie fixe de 27,7 ¢/litre et d'une partie proportionnelle, la TPS et la TVQ<sup>43</sup>.

<sup>43</sup> Voir la page Info-Essence de CAA-Québec à [www.caaquebec.com/infoessence](http://www.caaquebec.com/infoessence)

Une autre remarque s'impose. En comparant le graphique de la figure 2.3 avec celui de la figure 2.1, on constate que les coûts pour l'achat de l'énergie et des batteries sont de 15 000 \$ à 20 000 \$ moins chers pour une voiture hybride branchable que pour une voiture électrique à batterie, sur la vie des véhicules.

Par contre, on peut s'attendre à ce que le coût d'achat de la voiture hybride branchable sans sa batterie soit environ 3 000 \$ à 4 000 \$ plus cher que celui de la voiture électrique sans sa batterie, puisqu'elle a un petit moteur générateur à carburant qu'on ne retrouve pas dans la voiture électrique à batterie. Cette dernière devrait également avoir des coûts d'entretien un peu inférieurs à ceux de la voiture hybride branchable. **Somme toute, lorsqu'on considère les coûts totaux de propriété des deux voitures, l'hybride branchable devrait permettre d'économiser de 10 000 \$ à 15 000 \$ par rapport à une voiture tout électrique, avec les prix actuels.** Cette différence devrait diminuer de moitié environ lorsque les batteries atteindront un prix deux fois moindre d'ici 2020.

Bien entendu, les comparaisons de prix que nous venons de faire sont valables en autant qu'on compare des voitures de grosseur et de poids similaires, avec un confort et des performances similaires, construites dans le même pays. On ne peut comparer le prix d'une voiture fabriquée en Chine avec celui d'une voiture qui sort d'une usine américaine.

Enfin, si on se projette en 2018-2020, alors que les batteries devraient être deux fois moins chères, plus légères et moins encombrantes, les voitures hybrides branchables pourront être équipées d'une batterie leur permettant de rouler jusqu'à 80 km à l'électricité, au lieu de 50 km comme notre exemple.

En se référant à la figure 2.2 et en gardant à l'esprit que les véhicules légers des Québécois parcourent 22 % moins de kilomètres dans une année que les véhicules similaires aux États-Unis, c'est alors 80 % de l'ensemble des kilomètres parcourus par les véhicules légers québécois qui pourraient l'être avec de l'électricité. Les gens n'auront qu'à choisir la grosseur de batterie qui leur convient, selon les distances qu'ils ont à parcourir quotidiennement. Il pourrait y avoir quatre autonomies électriques offertes, disons 20 km, 40 km, 60 km, et 80 km.

Par ailleurs, il ne faut pas oublier qu'une voiture hybride consomme moins de carburant qu'une voiture traditionnelle, que les moteurs thermiques vont s'améliorer dans les 8 à 10 prochaines années, et qu'on va utiliser davantage de matériaux plus légers. Ces aspects font en sorte que **le 20 % des kilomètres qui seront parcourus avec du carburant par une voiture hybride branchable neuve de 2020, vont entraîner une consommation 2 à 3 fois moindre que celle des voitures traditionnelles de 2010.**

**Les voitures hybrides branchables de 2020, qui vont parcourir 80 % de leur kilométrage à l'électricité, vont donc consommer 10 à 15 fois moins de carburant qu'une voiture traditionnelle d'aujourd'hui, dans une année. La petite quantité de carburant requise fait qu'on pourra utiliser en bonne partie des biocarburants de deuxième génération, produits principalement à partir déchets et de résidus. On pourrait alors éliminer 95 % du pétrole consommé aujourd'hui par les véhicules légers, si l'ensemble des véhicules était des hybrides branchables.**

### 2.2.3 Les véhicules à pile à combustible - hydrogène

L'économie hydrogène, telle qu'on nous l'a présentée, fait référence à des transports libérés du pétrole grâce à l'hydrogène qu'on fait réagir avec de l'oxygène dans une pile à combustible (PAC), pour produire de l'électricité. Le moteur du véhicule est donc un moteur électrique et c'est de la vapeur d'eau qui sort du tuyau d'échappement. Donc pas de pollution urbaine.

De plus, les promoteurs de cette technologie font valoir son avantage par rapport aux véhicules électriques à batterie, en ce qui a trait à l'autonomie des véhicules et à la rapidité pour faire le plein. On peut, en effet, faire le plein d'hydrogène en moins de 10 minutes pour une autonomie de 500 km. Des véhicules prototypes et pré commerciaux, comme la voiture FCX Clarity de Honda ou le VUS Highlander FCHV de Toyota, nous font voir que la technologie fonctionne bien et peut offrir des véhicules propres, silencieux, agréables à conduire et n'émettant aucun gaz à effet de serre au lieu d'utilisation.

Toutefois, il faut savoir que l'hydrogène, qui est un gaz, n'existe pas dans la nature à l'état pur. Il est toujours associé à d'autres atomes pour former diverses molécules, dont l'eau et les hydrocarbures (pétrole, gaz naturel). Il est abondant également dans le charbon et dans la biomasse. Il faut donc l'extraire de ces molécules par divers procédés qui consomment plus d'énergie que ce qu'on en retire en énergie électrique à la sortie d'une pile à combustible. L'hydrogène n'est donc pas une source d'énergie mais un vecteur d'énergie comme l'est l'électricité.

Par ailleurs, il faut savoir également que présentement, 96 % de l'hydrogène produit à l'échelle mondiale est extrait des carburants fossiles, comme le pétrole, le gaz naturel et le charbon, qui sont composés principalement d'hydrogène et de carbone. Malheureusement, les processus d'extraction émettent du CO<sub>2</sub>, le principal gaz à effet de serre généré par l'Homme. Le CO<sub>2</sub> n'est pas émis au lieu d'utilisation du véhicule, mais à l'usine de fabrication de l'hydrogène. On peut également fabriquer l'hydrogène par électrolyse de l'eau, mais alors, il faut prendre en compte les gaz à effet de serre émis par les centrales électriques qui produisent l'électricité. Par exemple, aux États-Unis, c'est 50 % de l'électricité qui est produite avec des centrales au charbon et 20 % avec des centrales au gaz naturel. Les endroits qui produisent l'électricité proprement comme au Québec sont rares.

Plusieurs études ont analysé les gaz à effet de serre (GES) émis par les différents types de véhicules du puits aux roues, en tenant en compte des GES émis dans la production des carburants ou de l'hydrogène. En 2009, une équipe du *National Renewable Energy Laboratory* montrait que, du puits aux roues, les émissions de GES pour une voiture hybride à essence sont les mêmes que celles d'une voiture à PAC dont l'hydrogène est produit à partir du gaz naturel<sup>44</sup>.

Les chercheurs du *Argonne National Laboratory* ont publié une étude<sup>45</sup>, la même année, avec des voitures hybrides branchables ayant une autonomie de 32 km en mode électrique à partir de leur batterie rechargée sur le réseau. Dans leurs simulations, la batterie est assistée par un moteur thermique utilisant différents carburants liquides, ou par une pile à combustible alimentée en hydrogène (H<sub>2</sub>). Les résultats sont présentés sur la figure 2.4.

Comme on peut le constater sur cette figure, **la voiture à pile à combustible (PAC) consommant de l'hydrogène émet autant de GES que les voitures consommant de l'essence ou du diesel, lorsqu'on produit l'hydrogène** à partir du gaz naturel. Lorsqu'on utilise l'électrolyse de l'eau pour produire l'hydrogène, les émissions sont plus élevées pour la voiture à PAC-hydrogène. Globalement, il n'y a donc pas de diminution des GES en utilisant l'hydrogène aux États-Unis.

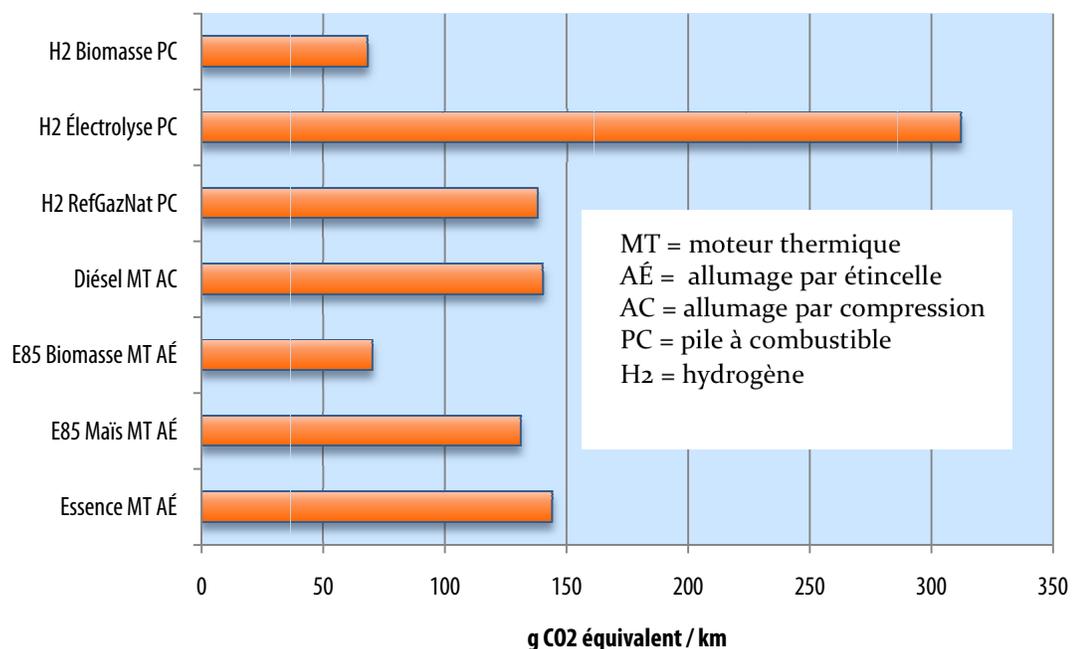
Il faut bien dire, toutefois, qu'**il est possible de produire de l'hydrogène pratiquement sans émettre de GES, lorsqu'on utilise des énergies renouvelables, très abondantes au Québec.**

<sup>44</sup> Mark Ruth et al., *Hydrogen Pathways : Cost, Well-to-Wheels Energy Use, and Emissions for the Current Technology Status of Seven Hydrogen Production, Delivery and Distribution Scenarios*, rapport technique du National Renewable Energy Laboratory numéro NREL/TP-6A1-46612, septembre 2009. Téléchargement à <http://nrelpubs.nrel.gov/Webtop/ws/nich/www/public/SearchForm>. Voir la figure 10.0.6, page 163.

<sup>45</sup> A. Elgowainy et al., *Well-to-Wheels Energy Use and Greenhouse Gas Emissions Analysis of Plug-in Hybrid Electric Vehicles*, rapport technique du Argonne National Laboratory numéro ANL/ESD/09-2, février 2009. Téléchargement à [www.anl.gov/Media\\_Center/publications](http://www.anl.gov/Media_Center/publications), entrer le numéro du rapport dans la boîte de recherche. Voir la figure 23, page 43.

**Mais, en faisant cela, on consomme trois fois plus d'électricité pour faire rouler des voitures à PAC-hydrogène que si on envoyait directement l'électricité dans la batterie de voitures à motorisation électrique.** Plusieurs auteurs ont évalué cette inefficacité de la filière hydrogène/énergie renouvelable pour les véhicules. Ulf Bossel, le fondateur des conférences *European Fuel Cell Forum*<sup>46</sup>, en fait une étude détaillée dans un article invité publié dans les Comptes rendus de l'Institut des ingénieurs en électricité et en électronique (Institute of Electric and Electronics Engineers, IEEE)<sup>47</sup>. Indépendamment, les chercheurs du NREL, dans leur rapport publié en 2009<sup>48</sup>, évaluent à 52 % l'efficacité de l'utilisation d'électricité en provenance d'éoliennes pour fabriquer de l'hydrogène par électrolyse et le distribuer. En comptant un rendement de 55 % pour la pile à combustible à bord du véhicule, c'est environ 28 % de l'énergie électrique éolienne qui sera disponible pour la propulsion du véhicule. Or, en envoyant l'électricité directement dans la batterie Li-ion d'un véhicule à motorisation électrique, c'est entre 80 % et 85 % de l'énergie électrique qui sera disponible pour faire avancer le véhicule, d'où l'utilisation de 3 fois plus d'électricité via la filière pile à combustible/hydrogène.

## Émissions de GES de voitures hybrides branchables aux États-Unis du puits aux roues



**Figure 2.4 :** Comparaison des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour différentes voitures hybrides branchables, selon les travaux des chercheurs du Argonne National Laboratory. Les voitures ont un moteur thermique ou une pile à combustible pour prolonger l'autonomie de la batterie. Cette dernière peut être rechargée sur le réseau et permet de parcourir 32 km. Quatre carburants sont considérés pour aller plus loin : de l'hydrogène, de l'essence, du diésel et un mélange de 85 % d'éthanol avec de l'essence (E85). L'hydrogène est produit soit par gazéification de la biomasse, soit par électrolyse de l'eau, ou encore par reformage du gaz naturel.

<sup>46</sup> Voir [www.efcf.com](http://www.efcf.com)

<sup>47</sup> Ulf Bossel, *Does a Hydrogen Economy Make Sense?*, Proceeding of the IEEE, Vol. 94, No. 10, Octobre 2006. Téléchargement à [www.efcf.com/reports](http://www.efcf.com/reports), rapport E21.

<sup>48</sup> Mark Ruth et al., op. cit., voir la figure 10.0.3 à la page 160 du rapport.

Il est, en effet, beaucoup plus efficace d'envoyer directement l'électricité dans la batterie du véhicule que de produire de l'hydrogène par électrolyse avec cette électricité, comprimer l'hydrogène, le transporter dans les stations-service, le transférer dans les réservoirs sous haute pression des véhicules, pour finalement reconverter l'hydrogène en électricité, à l'aide d'une pile à combustible à bord du véhicule.

Par ailleurs, **une autre réalité associée aux véhicules à PAC-hydrogène est qu'on doit mettre en place une nouvelle infrastructure très coûteuse pour distribuer d'hydrogène. Sans compter que le coût de l'hydrogène à la pompe sera toujours beaucoup plus cher que l'électricité.**

**Les véhicules à PAC-hydrogène coûtent eux-mêmes très cher. En juin 2008, le président de Honda, Takeo Fukui, déclarait au New York Times <sup>49</sup> que le coût de chaque FCX Clarity (une berline à PAC-hydrogène), dont Honda débutait une pré production, était de plusieurs centaines de milliers de dollars, et qu'il était confiant de réduire le coût en dessous de 100 000 \$ avant 2018.**

Enfin, sur le site [www.fueleconomy.gov](http://www.fueleconomy.gov) du Département de l'énergie étatsunien (DoE), on mentionne que plusieurs défis restent à surmonter pour la viabilité de la technologie PAC-hydrogène. On y parle du volume, du poids et du prix trop importants des réservoirs d'hydrogène. On y fait état également de **la durabilité restreinte des PAC**, qui serait de 91 000 km en 2009 dans des conditions réelles de conduite, selon le DoE. **La diminution des performances aux basses températures** est un autre sujet de préoccupation mentionné, en raison de l'eau qui se retrouve toujours dans les systèmes de piles à combustible.

#### 2.2.4 Quelle technologie favoriser dans le contexte québécois?

Tout d'abord, il est important de rappeler qu'avec la fin du pétrole à bon marché un contexte économique très difficile est à prévoir pour les deux prochaines décennies. De plus, n'oublions pas, comme nous l'avons démontré au chapitre 1, qu'il faudrait diminuer notre consommation de pétrole de 60 % d'ici 2030.

Cette situation inquiétante commande d'agir rapidement pour transformer le parc de véhicules routiers québécois. **Ce contexte place la technologie des véhicules à pile à combustible (PAC) utilisant de l'hydrogène dans une position très défavorable**, car le coût des véhicules est très élevé, de même que le coût des infrastructures de distribution de l'hydrogène qu'il faudrait mettre en place.

Sans compter que si l'hydrogène est produit à partir des carburants fossiles, un véhicule à PAC va engendrer autant de GES qu'un véhicule hybride à essence. Et, si l'hydrogène est produit par électrolyse de l'eau en utilisant des énergies renouvelables, on consomme 3 fois plus d'électricité pour faire fonctionner le véhicule à PAC que si on envoyait directement l'électricité dans la batterie d'un véhicule électrique ou hybride branchable. Enfin, comme nous l'avons vu, la technologie PAC-hydrogène n'est pas encore prête pour une commercialisation à grande échelle.

Maintenant, concernant les véhicules électriques à batterie et les véhicules hybrides branchables, nous avons vu que le coût élevé des batteries et leur poids considérable avantagent les véhicules hybrides branchables, puisque ceux-ci ont une batterie environ 3 fois plus petite que celle d'une voiture électrique à batterie. Sans compter que si on voulait généraliser les voitures électriques à batterie, on devrait mettre en place une nouvelle infrastructure de recharge rapide ou/et d'échange des batteries,

<sup>49</sup> Martin Fackler, *Latest Honda Runs on Hydrogen, Not Petroleum*, The New York Times, 17 juin 2008.

ce qui augmente encore les coûts reliés à cette technologie. Le triple handicap des voitures électriques (prix élevé des batteries, leur poids considérable, et le coût des infrastructures de recharge) est souligné dans un article récent paru dans le magazine *Engineering and Technology* (E & T)<sup>50</sup> publié par *The Institution of Engineering and Technology* (IES).

La figure 2.5 rend évident l'avantage économique des voitures hybrides branchables par rapport aux voitures électriques. Nous y avons combiné des données des figures 2.1 et 2.3.

Par ailleurs, avec des véhicules hybrides branchables, le conducteur n'est jamais mal pris puisqu'il peut faire le plein de carburant dans toutes les stations-service existantes. Il n'a pas à s'inquiéter qu'il y ait une panne électrique ou qu'il puisse occasionnellement oublier de brancher son véhicule pour recharger la batterie, ou qu'un vandale ait déconnecté le fil. Si l'une de ces alternatives arrivait avec un véhicule hybride branchable, le véhicule va tout simplement fonctionner en mode hybride ordinaire et consommer 5 litres/100km ou moins. Le véhicule hybride branchable peut de plus jouir d'une autonomie supérieure à 500 km et faire le plein de carburant en moins de 5 minutes, même dans les coins reculés.

Il semble bien que le nouveau président de Honda, Takano Ito, ait compris tous ces avantages, lorsqu'il annonçait, le 20 juillet 2010, l'intention de Honda de mettre sur le marché en 2012 une voiture tout électrique et une voiture hybride branchable. Car, Bloomberg Businessweek rapportait ses propos<sup>51</sup> à l'effet que les voitures électriques ne vont pas atteindre une demande du niveau d'un marché de masse avant 20 ou même 30 ans, ajoutant que les véhicules hybrides branchables sont une solution plus réaliste d'ici là.

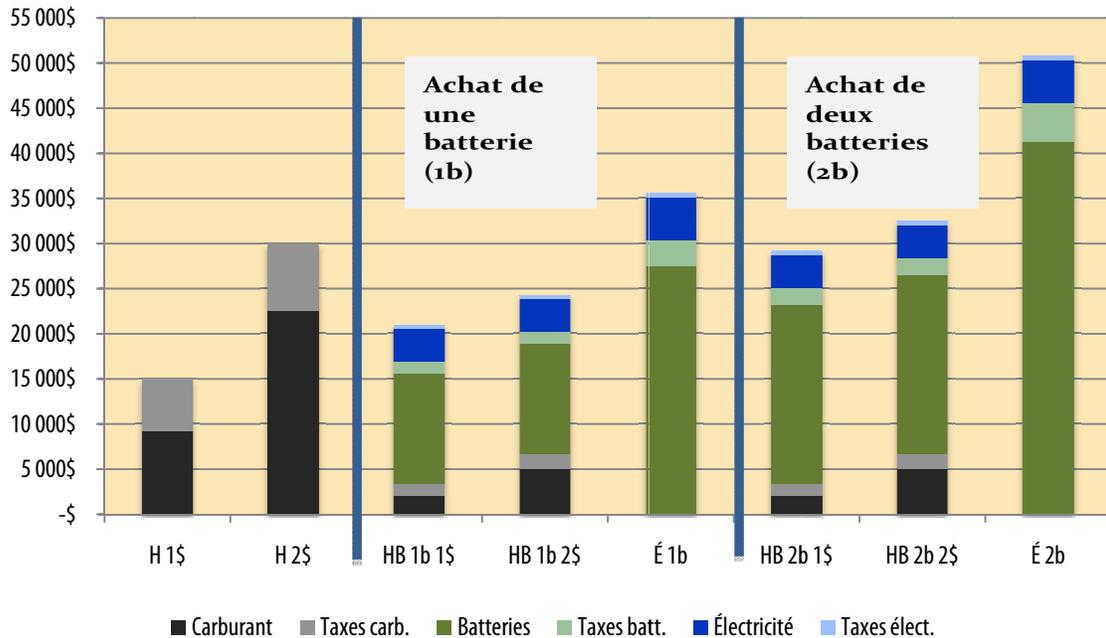
Les véhicules hybrides branchables apparaissent donc comme la technologie qui offre le plus d'avantages au moindre coût, dans la grande majorité des cas, pour les 30 prochaines années. C'est une technologie bien adaptée aux territoires vastes et froids, comme le Québec, alors que les véhicules électriques à batterie vont souffrir d'une réduction d'autonomie importante en hiver, à partir de celle déjà limitée à environ 150 km par temps plus clément.

---

<sup>50</sup> Chris Edwards, *Batteries struggle for greater power*, magazine *Engineering and Technology*, publié par l'Institution of Engineering and Technology, numéro 9, 16 juin 2010. Voir le site de l'IET à <http://kn.theiet.org/magazine/issues>

<sup>51</sup> Bloomberg Businessweek, *Honda's Ito Eases Skepticism, Joins Plug-in Car Push*, 20 juillet 2010. Voir [www.businessweek.com/news/2010-07-20/honda-s-ito-eases-skepticism-joins-plug-in-car-push.html](http://www.businessweek.com/news/2010-07-20/honda-s-ito-eases-skepticism-joins-plug-in-car-push.html)

## Comparaison des prix pour l'énergie et les batteries sur la vie des voitures



**Figure 2.5** Comparaison des prix pour l'énergie et les batteries entre une hybride ordinaire (H), une voiture hybride branchable (HB) avec une batterie de 50 km d'autonomie électrique, et une voiture électrique (É) disposant d'une autonomie de 150 km. Ces voitures intermédiaires parcourent 300 000 km à raison de 20 000 km/an pendant 15 ans. Pour les voitures à motorisation électrique, deux options sont présentées : achat d'une seule batterie sur la vie de la voiture (1b) avec diminution des performances dans les 6 dernières années, ou l'achat de deux batteries (2b). Pour les batteries, un financement à 5 % est inclus dans le coût. Le coût de la deuxième batterie est 50 % du coût de la première, reflétant la diminution de prix anticipée d'ici 8 ans. Deux prix du carburant sont considérés : 1 \$/litre (1 \$) et 2 \$/litre (2 \$).

**Les véhicules électriques à batterie ont toutefois un léger avantage sur les véhicules hybrides branchables en ce qui concerne l'absence totale de consommation de carburants et l'absence des émissions qui en découlent.** Mais un regard rapide sur la figure 2.5, nous montre la petite quantité de carburant consommé par une voiture hybride branchable (avec une batterie de 50 km) par rapport au carburant consommé par des voitures hybrides ordinaires, qui elles-mêmes consomment beaucoup moins que les voitures traditionnelles.

En fait, avec les améliorations prévisibles des moteurs thermiques d'ici 2020, c'est 10 à 15 fois moins de carburant que les véhicules hybrides branchables vont consommer par rapport aux véhicules traditionnels de 2010. De plus, comme les besoins en carburant vont être inférieurs à 10 % de la consommation d'aujourd'hui, la majeure partie des carburants consommés alors pourrait être des biocarburants de deuxième génération faits principalement à partir de résidus et de déchets. En fait, les biocarburants de demain vont faire d'une pierre deux coups puisqu'ils vont régler nos problèmes d'enfouissement des déchets.

**En fin de compte, la consommation de pétrole va être infime pour les véhicules hybrides branchables des années 2020, et les émissions de GES réduites vraisemblablement d'un facteur 30, dû à l'électricité et aux biocarburants. Sans compter que les parcours urbains vont se faire la plupart du temps en mode électrique, alors que le carburant sera consommé pour les longs trajets, principalement en dehors des villes.**

**Il y a, cependant, des créneaux de niches pour les véhicules électriques à batterie. La figure 2.5 nous montre qu'il faudrait réduire la grosseur de la batterie et augmenter le kilométrage annuel de façon adéquate.** Par exemple, en prenant une batterie de 120 km d'autonomie au lieu de 150 km, on réduirait de 20 % le coût des batteries. Et en faisant parcourir à la voiture 100 km quotidiennement, six jours par semaine, la voiture hybride branchable avec une batterie de 50 km en mode électrique devrait consommer annuellement environ trois fois plus de pétrole qu'avec des parcours quotidiens de 50 km. Ainsi, les deux technologies s'approcheraient de la parité au niveau des prix pour l'énergie et les batteries, dès que le litre de carburant dépasse 1,50 \$/litre. On parle alors d'un kilométrage annuel de 30 000 km au lieu du 20 000 km sur lequel la figure 2.5 est basée.

**Si, de plus, ces voitures électriques à batterie n'ont jamais besoin de faire de longs trajets, alors on n'a pas réellement besoin d'un moteur thermique pour prolonger l'autonomie. Les flottes d'entreprises qui opèrent dans des territoires limités, ou encore les voitures urbaines en libre service correspondent au profil type.** Sans compter que ces voitures reviennent tous les soirs aux stationnements de l'entreprise, où il est facile d'installer des bornes de recharge, sans avoir besoin d'une nouvelle infrastructure urbaine coûteuse.

Pour ce qui est du marché de la deuxième voiture familiale, même si les fabricants offrent les deux types de technologie (tout électrique ou hybride branchable) au même prix, il y a de fortes chances qu'un consommateur choisisse plutôt la voiture hybride branchable. Car, cette dernière jouit d'une plus grande autonomie et offre la possibilité de faire le plein de carburant dans toutes les stations-service, en 5 minutes, même dans les coins reculés. Pourquoi s'en priver?

C'est ce que souligne un rapport récent de la *Royal Academy of Engineering* du Royaume-Uni<sup>52</sup>, dans lequel on peut lire :

*« The convenience of refuelling at petrol stations will favour internal combustion engine vehicles or PHEVs for some considerable time ».*

*« La commodité de faire le plein aux stations-service va favoriser les véhicules à moteur thermique ou hybrides branchables [PHEV=Plug-in Hybrid Electric Vehicle] pour une période considérable »*

**Enfin, pour diminuer davantage la grosseur des batteries, et augmenter la viabilité des véhicules électriques à batterie, on a intérêt à utiliser une voiture plus petite et limiter sa vitesse maximale de même que son accélération.**

Les conclusions que nous venons de déduire pour le marché des véhicules électriques à batterie sont similaires à celles que les organisations Greenpeace et EREC (European Renewable Energy Council) ont exprimées dans un rapport publié en 2010<sup>53</sup>. On y retrouve en effet l'affirmation suivante:

<sup>52</sup> Royal Academy of Engineering (RAE), *Electric vehicles : charged with potential*, publié par la RAE, mai 2010, page 3. Téléchargement à [www.raeng.org.uk/ev](http://www.raeng.org.uk/ev).

<sup>53</sup> Sven Teske et al., *Energy [r]évolution, A sustainable global energy Outlook*, publié par Greenpeace et EREC, 3e édition, 2010, page 202. Téléchargement à [www.energyblueprint.info](http://www.energyblueprint.info).

*« However, under the most optimistic estimates for battery development, battery electric vehicles will mainly be small vehicles and those with dedicated usage profiles like urban fleets. »*

*« Toutefois, en considérant les prévisions les plus optimistes pour le développement des batteries, les véhicules électriques à batterie vont être principalement des petits véhicules et ceux qui ont un profil d'utilisation dédié, comme les flottes urbaines. »*

Dans leur feuille de route technologique pour les transports d'ici 2050, publiée en 2009, l'Agence internationale de l'énergie, en concertation avec des fabricants automobiles (Toyota, Nissan, Renault, Volkswagen), des fournisseurs d'électricité (EDF, TEPCO, EPRI), des centres de recherche en transport (Argonne National Laboratory, Institute of transportation studies, U. Californie Davis), et des ministères (Département des transports du Royaume-Uni, Ressources naturelles Canada), prévoit qu'en 2030 environ 75 % des nouveaux véhicules qu'on va pouvoir recharger sur le réseau seront des hybrides branchables. Les raisons invoquées dans ce rapport sont<sup>54</sup> :

*« PHEVs have an advantage of being less dependent on recharging infrastructure and possibly less expensive (depending on battery costs and range) than EVs, and therefore might be targeted for higher volumes in early years. »*

*« Les véhicules hybrides branchables ont l'avantage d'être moins dépendants d'une infrastructure de recharge et possiblement moins chers (selon les coûts des batteries et l'autonomie) que les véhicules électriques, et par conséquent pourraient atteindre des plus grands volumes dans les années initiales [d'ici 2050]. »*

Toujours selon cette feuille de route, 22 % des nouveaux véhicules légers vendus en 2030 seraient des véhicules hybrides branchables, et 8 % des véhicules électriques à batterie. Les véhicules à PAC-hydrogène ne constitueraient alors qu'environ 6 % des ventes.

Enfin, il est pertinent également de citer quelques extraits du rapport Syrota, commandé par le gouvernement français au Centre d'analyse stratégique, et publié en octobre 2008<sup>55</sup>. Pour ce rapport, intitulé *Perspectives concernant le véhicule « grand public » d'ici 2030*, plus de 60 personnes pertinentes ont été auditionnées et leur nom et affiliation apparaissent dans l'annexe du rapport. Voici deux extraits très explicites :

*« L'air comprimé et l'hydrogène n'ont vraisemblablement pas d'avenir comme sources d'énergie des automobiles. . . L'hydrogène bénéficie actuellement d'un engouement médiatique qui ne repose sur aucune perspective réaliste d'avenir. »*

*« Le véhicule hybride rechargeable, qui cumule les avantages du thermique et de l'électricité sans en avoir les inconvénients les plus importants, a toutes les chances d'être le véhicule d'avenir ».*

Cette dernière citation doit être mise en contexte, car le rapport Syrota concerne les véhicules personnels jusqu'en 2030. Il est

<sup>54</sup> Lew Fulton et al., *Technology Roadmap – Electric and plug-in hybrid electric vehicles (EV/PHEV)*, publié par l'Agence internationale de l'énergie, 2009, page 10. Téléchargement à [www.iea.org/roadmaps/plug\\_in\\_electric\\_vehicles.asp](http://www.iea.org/roadmaps/plug_in_electric_vehicles.asp).

<sup>55</sup> Jean Syrota et al., *Perspective concernant le véhicule « grand public » d'ici 2030*, Centre d'analyse stratégique, Octobre 2008. Téléchargement à [www.strategie.gouv.fr](http://www.strategie.gouv.fr). Taper Syrota 2030 dans la boîte de recherche.

probable que vers 2050 le nombre des véhicules tout électriques dépasse celui des véhicules hybrides branchables, lorsque la technologie des batteries aura évolué et que nos réseaux électriques seront plus décentralisés, nous rendant ainsi moins vulnérables. Mais, d'ici 2030, les véhicules hybrides branchables constituent définitivement la meilleure solution, celle qui demande le moins d'investissements pour atteindre notre indépendance énergétique rapidement tout en réduisant de façon draconienne nos émissions de gaz à effet de serre.

### 2.2.5 Scooters électriques et vélos à assistance électrique

Les scooters constituent un autre créneau de niche pour les véhicules électriques à batterie. Les scooters ne sont pas conçus pour faire de l'autoroute, et de ce fait ils n'ont pas besoin d'une grande autonomie. Leur « milieu naturel » est urbain. De plus, la consommation d'énergie d'un scooter est beaucoup plus faible que celle d'une voiture, ce qui nécessite une plus petite batterie et rend l'achat d'un tel véhicule électrique urbain bien plus abordable.

**Présentement, pour 6 000 \$ environ on peut se procurer un scooter électrique capable de parcourir 60 km sur une pleine charge et affichant une vitesse maximale de 60 km/h. Pour ce faire, la batterie nécessite une capacité approximative de 2 kWh qu'on recharge pour 16 ¢ présentement au Québec.** En comptant 300 km par semaine, pendant 7 mois par année, c'est approximativement 9 000 km de moins parcourus avec une voiture traditionnelle, correspondant à une économie de 720 litres de carburant (à 8 litres/100km). Ainsi, lorsque le prix du carburant atteindra 1,50 \$/litre, le propriétaire pourra réaliser une économie annuelle de l'ordre de 1 000 \$ en conduisant son scooter 7 mois par année au lieu d'une automobile traditionnelle. **Un scooter électrique peut donc se payer de lui même avec les économies de carburant, si on l'utilise pour 30 km et plus par jour, tout en nous permettant de nous affranchir d'une partie importante de notre consommation de pétrole.**

Les scooters électriques sont très populaires en Asie et ils le sont de plus en plus en Europe, où les carburants sont plus chers qu'ici. Mais, le contexte de pénurie imminente de pétrole que nous avons décrit au chapitre 1 va rendre les scooters électriques très populaires et nécessaires au Québec également. Toutefois, l'augmentation récente des tarifs d'immatriculation pour les motocyclettes et scooters au Québec va à l'encontre d'une politique d'incitation à conduire des scooters électriques. Un réajustement serait souhaitable.

Les vélos à assistance électrique deviennent de plus en plus populaires eux aussi et le seront davantage dans les années qui viennent. Ils utilisent une batterie encore plus petite que celle des scooters électriques, du fait que les vélos sont plus légers et que les conducteurs ajoutent leur contribution à la propulsion, en pédalant. Ces vélos permettent de gravir les côtes presque sans effort, et de parcourir plus de distances, même lorsque le vent est de face, pour un plus grand nombre de gens. **Bien sûr, les vélos ordinaires sont également des outils formidables pour économiser du pétrole, et plus de voies dédiées devraient être mises en place dans nos villes.**

### 2.2.6 Les transformations de véhicules usagés

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 1, il faudrait diminuer notre consommation de pétrole de 30 % d'ici 2020, et de 60 % d'ici 2030. C'est une transition très rapide qui représente un défi colossal.

En effet, on sait qu'après dix ans de commercialisation, les véhicules hybrides ordinaires ne représentent que 0,3 % du parc québécois de véhicules légers, comme nous l'avons vu plus haut. Même en supposant une pénétration 30 fois plus importante

des véhicules qu'on peut brancher sur le réseau, ces véhicules branchables ne constitueraient en 2020 que 10 % environ du parc québécois de véhicules!

Bien sûr, un prix élevé du pétrole va constituer un incitatif important pour accélérer la pénétration, mais les fabricants automobiles ne pourront vraisemblablement pas transformer leurs usines aussi rapidement qu'il le faudrait, car ils devraient engloutir des sommes colossales qui les mettraient dans une situation précaire au niveau financier. **Il y a donc de fortes chances pour que l'offre de véhicules ne suffise pas à la demande, du moins pour une période de transition d'une dizaine voire une quinzaine d'années.** On se retrouvera donc avec un parc de véhicules composé en grande majorité par des véhicules traditionnels et hybrides ordinaires en 2025.

Maintenant, si on regarde à l'horizon 2015, une bonne partie des voitures usagées de 3 à 5 ans vont consommer alors 7 à 8 litres/100km. Si le prix des carburants atteignait 2 \$ le litre en 2015, et que les gens ont besoin de parcourir 20 000 km par année, c'est environ 3 000 \$ annuellement qu'il leur faudrait déboursier pour faire le plein. Un 3 000 \$ qui risque fort de devenir 4 000 \$ en moyenne de 2015 à 2025. Dans un tel contexte, très plausible, les propriétaires se verraient obligés de payer de l'ordre de 40 000 \$ en carburant sur les 10 dernières années de vie de leur voiture.

Or, **en 2015, une voiture intermédiaire traditionnelle de 3 à 5 ans va pouvoir être convertie en voiture électrique à batterie avec une autonomie de 100 km pour environ 30 000 \$**, en enlevant les éléments inutiles (moteur thermique, système d'échappement, alternateur, réservoir de carburant). La batterie Li-ion pour une telle autonomie devrait coûter alors environ 10 000 \$, en calculant une réduction du prix de 33 % d'ici 5 ans (500 \$/kWh au lieu de 750 \$/kWh). Elle devrait également pouvoir durer 10 à 12 ans, soit le reste de la vie de la voiture convertie.

Comme nous l'avons vu à la section 2.2.4, la voiture électrique à batterie est moins intéressante qu'une voiture hybride branchable lorsqu'on l'achète neuve. Mais, pour la conversion des voitures traditionnelles, il est plus facile, pour plusieurs voitures, de les convertir en voiture tout électrique qu'en hybride branchable, car l'aménagement de l'espace dans les voitures traditionnelles d'origine n'a pas été optimisé pour accommoder tous les composants nécessaires à une voiture hybride branchable. Certaines voitures pourront se prêter mieux que d'autres à être converties en hybrides branchables. En fait, il faut voir ces conversions comme une solution de dernier recours, dans une période de transition, face à un prix du pétrole qui s'emballe et à l'insuffisance de la production de véhicules à motorisation électrique neufs. La conversion en voitures tout électriques devient un moindre mal, et leurs propriétaires devront composer avec les faibles autonomies qui leur sont associées. Mais, au moins ils pourront parcourir la majorité de leurs déplacements quotidiens sans pétrole.

Par ailleurs, **une autre conversion de véhicules qui devrait prendre de l'ampleur consiste à ajouter une plus grosse batterie à un véhicule hybride ordinaire, et à le transformer en véhicule hybride branchable.** Ce genre de conversion revêt de l'intérêt lorsque le moteur électrique du véhicule est suffisamment puissant pour qu'on puisse parcourir un pourcentage significatif des kilomètres à l'électricité. Par exemple, on peut ainsi ramener la consommation d'une Prius à 2,5 litres/100 km. Or, les ventes de véhicules hybrides ordinaires devraient monter de façon substantielle dans les années qui viennent, rendant plus de véhicules disponibles pour ce type de conversion.

Plusieurs compagnies sont actives déjà dans la conversion des véhicules pour qu'on puisse les brancher sur le réseau électrique. Ce créneau des véhicules convertis offre une opportunité très intéressante pour l'industrie québécoise, surtout si on utilise des batteries et des moteurs électriques fabriqués au Québec. La compagnie TM4 a déjà acquis une expertise considérable au niveau des moteurs électriques, et Bathium Canada fabrique déjà des batteries ici au Québec. Sans compter qu'il est bien possible que d'autres compagnies dans le domaine des moteurs et des batteries s'implantent ici dans les années qui viennent, ce qu'il faudrait encourager.

Toutefois, les conversions de véhicules doivent se faire en préservant la sécurité des passagers, en cas de collision ou lors d'un freinage brusque. Des simulations numériques et des tests de freinage et de collision vont être requis pour s'en assurer, ce qui risque de faire monter le coût pour les transformations. Une façon de réduire ces coûts serait de choisir pour les conversions quelques modèles de voitures très répandues au Québec afin de pouvoir amortir les dépenses sur un grand nombre de conversions similaires. Le gouvernement devrait subventionner une partie des coûts reliés à ces tests, et la Société d'assurance automobile du Québec (SAAQ) établir une procédure d'homologation qui rende ces transformations de véhicules réalisables dans des temps raisonnables.

## 2.3 Les transports collectifs

Pour réduire notre consommation de pétrole au Québec de 60 % d'ici 2030, nous allons devoir stabiliser voire diminuer le nombre et la grosseur des véhicules personnels au Québec, une tâche d'autant plus difficile que la tendance actuelle va plutôt en sens contraire. Nous l'avons vu dans le premier paragraphe de la section 2.2, l'augmentation des véhicules légers (< 4,5 tonnes) au Québec de 2005 à 2009 a été 2,5 fois plus grande que l'augmentation de la population. Mais, une diminution du nombre de véhicules personnels doit être compensée par une offre accrue de transports collectifs confortables et performants.

### 2.3.1 Les transports collectifs urbains

Le métro, le train de banlieue et le tramway sont des modes de transports collectifs qui ont fait leurs preuves, lorsque le nombre de passagers potentiels le justifie. Le reste des transports collectifs est assuré en très grande partie par des autobus diesel, consommant beaucoup de carburant, et contribuant de façon significative à la pollution atmosphérique et sonore de nos villes.

Deux technologies éprouvées permettent déjà aux autobus de rouler sans pétrole : les autobus au gaz naturel comprimé et les trolleybus électriques. Le gaz naturel brûle plus proprement que le diesel et émet environ 20 % moins de gaz à effet de serre. Mais, au Québec l'électricité est encore bien plus propre que le gaz naturel et constitue définitivement la voie de l'avenir. Toutefois, les trolleybus font face à de l'opposition de la part des citoyens en raison des fils aériens qui défigurent les paysages urbains, particulièrement aux intersections, où ils constituent de véritables toiles d'araignées. Certaines lignes de trolleybus peuvent être installées, mais le remplacement complet des autobus urbains par cette technologie ferait face à un mécontentement généralisé bien compréhensible.

Heureusement, **une nouvelle technologie est présentement en développement. Il s'agit des autobus électriques biberonnés, développés notamment en Chine<sup>56</sup> et en France<sup>57</sup>. Le biberonnage consiste à remplacer les fils aériens par des stations de recharge rapides régulièrement espacées à certains arrêts le long des parcours. Un contacteur rétractable effectue la connexion, et la recharge peut se faire en 15 à 60 secondes, dépendant de l'espacement entre les stations (typiquement de 500 m à 4 km) et de la puissance électrique disponible.** La quantité d'énergie électrique transférée est suffisante pour rejoindre la prochaine station de recharge. Une unité de stockage

---

<sup>56</sup> Voir le site de la compagnie Sinautec à [www.sinautecus.com](http://www.sinautecus.com). Voir également l'annonce de la construction prochaine d'un mégabus biberonné à Pékin dans un article du 31 juillet 2010 du site *China Hush* à [www.chinahush.com](http://www.chinahush.com). Tapper *straddling bus* dans la boîte de recherche.

<sup>57</sup> Baptiste Roux Dit Riche, *Watt, le bus électrique qui se recharge à chaque arrêt*, billet du blogue GreenTech Republic, publié le 29 juin 2009. Voir le site à [www.cleantechrepublic.com](http://www.cleantechrepublic.com) et utiliser la boîte de recherche, en tapant les trois mots watt bus électrique.

d'énergie électrique permettant une autonomie d'environ 25 km est alors suffisante, soit environ 10 fois moins que l'autonomie qui serait normalement nécessaire pour un autobus électrique à batterie se rechargeant une fois par jour.

L'élément clé des autobus biberonnés est l'unité de stockage, car cette dernière doit pouvoir se recharger très rapidement et endurer une centaine de milliers de recharges. Les projets actuels utilisent des supercondensateurs, dix à vingt fois plus lourds que les batteries Li-ion. Mais la batterie au titanate de lithium nanométrique développée à l'Institut de recherche d'Hydro-Québec par l'équipe du docteur Zaghib a déjà démontré, lors de tests effectués en 2010, 29 000 recharges très rapides (4 min) avec peu de perte de capacité<sup>58</sup>. Cette batterie québécoise serait la seule batterie capable de remplacer les supercondensateurs dans les applications d'autobus biberonnés, ce qui permettrait une réduction considérable de poids et une plus grande distance entre les stations de biberonnage.

**Les autobus biberonnés rendent possibles l'électrification complète d'un parc d'autobus urbains, sans fils au dessus des rues.** On comprend, dès lors, l'annonce faite par la Société de transport de Montréal (STM), en mai 2010, dans laquelle elle affirmait sa volonté d'électrifier entièrement sa flotte d'autobus d'ici 2026. Ainsi, la ville de Montréal sera l'une des premières au niveau mondial à s'affranchir des carburants fossiles pour ses transports collectifs.

Il est effectivement judicieux d'aller directement à l'électrification des autobus urbains, plutôt que de s'y rendre en deux étapes, après avoir investi dans des autobus au gaz naturel. Les autobus urbains se prêtent bien à l'électrification du fait que leurs parcours sont confinés à un tracé dont la longueur est inférieure à quelques dizaines de kilomètres, et que ce parcours est parsemé de nombreux arrêts.

### 2.3.2 Les transports collectifs interurbains

L'Association canadienne des automobilistes (CAA) a évalué que le coût pour l'utilisation d'une voiture intermédiaire traditionnelle, qui parcourt 20 000 km par année, est d'environ 45 ¢ du kilomètre, en juin 2010<sup>59</sup>. C'est donc dire qu'un aller simple Montréal-Québec coûte 112 \$. Si le coût du pétrole double ou triple dans la prochaine décennie, une personne seule conduisant sa voiture devra déboursier 270 \$ à 310 \$ pour un aller-retour Montréal-Québec, alors qu'un voyage Rimouski-Québec-Rimouski coûterait 350 \$ à 400 \$.

**L'augmentation des coûts de transport sera particulièrement dramatique pour les régions qui vont se retrouver isolées davantage.** Les gens ayant moins facilement accès aux grandes villes auront plus tendance à fuir les régions. Par ailleurs, les coûts de transport accrus des produits manufacturés en région vont rendre la viabilité des entreprises plus difficile, menaçant là également leur économie.

**L'implantation d'un système de transport interurbain électrique rapide et abordable, autant pour les personnes que pour les marchandises, deviendra déterminante pour éviter l'exode et maintenir l'activité économique des régions.**

**De plus en plus de gens parlent d'implanter un TGV au Québec,** comme transport interurbain électrique rapide. Cette technologie, qui nécessite des investissements majeurs, est particulièrement bien adaptée pour desservir les grands centres

<sup>58</sup> M. Dontigny et al., *HQ Li4Ti5O12/LiFePO4 Power Battery for Fast Charge Applications*, 15th International Meeting on Lithium Batteries, Montréal, 27 juin au 2 juillet 2010 ([www.imlb.org](http://www.imlb.org)). Voir résumé 757 à [http://ecs-sat.peerx-press.org/jsp/mas/reportTechProg.jsp?MEETING\\_ID=102&SYM\\_ID=101](http://ecs-sat.peerx-press.org/jsp/mas/reportTechProg.jsp?MEETING_ID=102&SYM_ID=101).

<sup>59</sup> CAA, *Coût d'utilisation d'une automobile*, Éd. 2010. Télécharger à [www.caa.ca](http://www.caa.ca)

urbains. Compte tenu du coût élevé des trains à grande vitesse et des faibles densités de population des régions québécoises, il faudra très sérieusement peser l'idée de relier les villes de Québec et de Montréal avec des TGV, surtout en l'état actuel des finances du Québec. De plus, si on investit dans un TGV entre Montréal et Québec, et qu'on veut en plus relier Montréal à Toronto et à New York également, la part du Québec pourrait s'élever à 15 milliards de dollars ou plus.

Dépenser une telle somme dans une période de prospérité économique où le pétrole est abondant et bon marché, comme dans les années 1990, constituerait une décision plus facile à prendre. Mais, dans le contexte économique très difficile devant nous, avec des besoins d'investissements massifs dans les autres modes de transport, pour diminuer notre consommation de pétrole, c'est toute une autre histoire. Pour réussir à relever le défi de s'affranchir en bonne partie de notre dépendance au pétrole d'ici 2030, nous allons devoir jouer nos cartes correctement. **Les grosses dépenses qui apportent une faible contribution à notre indépendance pétrolière et desservent un territoire limité peuvent même entraver notre projet de sevrage au pétrole dans son ensemble, en réduisant notre marge de manœuvre financière pour y arriver.**

Pour donner une idée du pétrole que pourrait faire économiser un transport rapide électrique entre Montréal et Québec, on peut utiliser l'étude préliminaire au *Plan de transport de la région Chaudière-Appalache*, intitulée *Diagnostic*, publiée en 2002<sup>60</sup> par le Ministère des transports du Québec. Selon cette étude, il y avait, en 2000, 25 000 véhicules par jour circulant sur l'autoroute 20 à la hauteur de Villeroi, à mi-chemin entre Québec et Drummundville. Et selon Statistique Canada, il y a eu 20 % d'augmentation du parc québécois de véhicules de 2 000 à 2 010<sup>61</sup>, ce qui porterait le débit journalier moyen annuel (dmja) à 30 000 véhicules par jour en 2010. Toujours selon le document du Ministère des transports, le tiers des véhicules circulant sur la 20 à la hauteur de Villeroi se déplaçaient entre la région de Montréal et la région de Québec (1/6 dans chaque sens), ce qui nous donne 10 000 véhicules. Enfin, les camions lourds et moyens comptent pour 25 % des véhicules, ce qui nous laisse 7 500 véhicules légers par jour qui transportent les personnes entre les deux grands centres urbains via l'autoroute 20. Selon le Plan de transport de la Mauricie<sup>62</sup>, il y en a environ 10 % de moins sur l'autoroute 40, ce qui nous donne, un peu moins de 15 000 véhicules légers circulant entre la région de Québec et celle Montréal.

Pour évaluer l'économie de pétrole engendrée par la mise en place d'un transport rapide électrique entre Québec et Montréal, nous supposons qu'on réussit à retirer de ces deux autoroutes 7 500 véhicules légers par jour, soit la moitié des véhicules légers faisant la navette entre les deux grands centres urbains. Nous supposons de plus que ces véhicules consomment en moyenne 8 litres/100 km, sur le trajet de 250 km entre Québec et Montréal. On économiserait ainsi 54,7 millions de litres de carburant par an. Supposons également qu'on élimine les 50 autocars par jour qui font la navette entre les deux villes, en consommant approximativement 50 litres/100 km. On économiserait alors 2,3 millions de litres de carburant de plus par an, pour un total économisé de 57 millions de litres annuellement. Or, la consommation totale de carburant pour les transports routiers au Québec en 2008 était de 11 milliards de litres, comme nous l'avons vu à la section 1.3.2. C'est donc dire **qu'un transport rapide électrique entre Montréal et Québec diminuerait notre consommation de pétrole pour les transports routiers au Québec d'environ 0,5 %**. Cette constatation fait réfléchir sur la pertinence de l'argument autant écologique qu'économique, surtout en regard du coût qui y est relié.

Que ce soit en raison de leur coût ou de l'opportunité écologique et économique qui leur est associée, le contribuable est donc en droit de s'interroger sur les alternatives qui se présentent aux TGV. Pierre Langlois nous en présente une dans son livre *Rouler sans pétrole*<sup>63</sup> et dans son infolettre *Transport 21*<sup>64</sup> du mois d'octobre 2009 (voir [www.planglois-pca.com](http://www.planglois-pca.com)), qui a été conçue dans

<sup>60</sup> Voir [http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/plans\\_transport/chaudiere-appalaches](http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/plans_transport/chaudiere-appalaches)

<sup>61</sup> Voir <http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=53-223-X&CHROPG=1&lang=fra>

<sup>62</sup> Voir [http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/plans\\_transport/mauricie](http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/plans_transport/mauricie)

<sup>63</sup> Pierre Langlois, *Rouler sans pétrole*, Éditions MultiMondes, Québec, 2008.

<sup>64</sup> Voir <http://web.mac.com/pierrelanglois/PLanglois-PCA/Transport21.html>

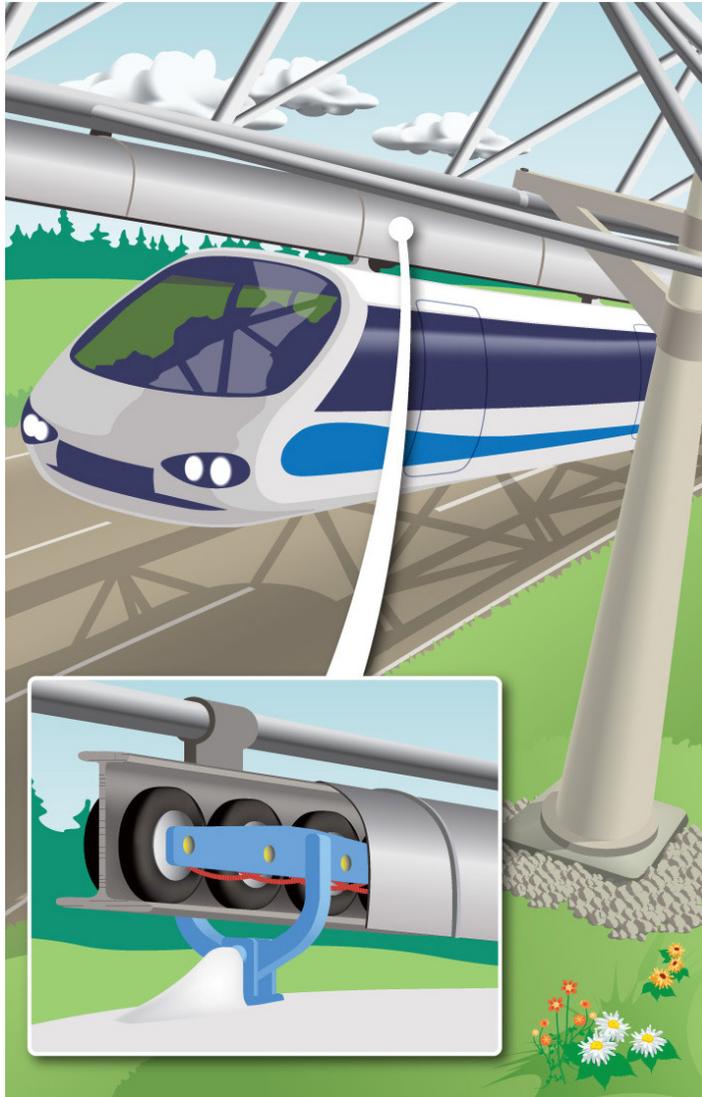
les années 1990 par Pierre Couture, le chercheur de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ) qui a développé le moteur-roue. **Il s'agit d'un monorail rapide suspendu à moteurs-roues pouvant rouler à 250 km/h, sur l'emprise d'une autoroute. La figure 2.6 nous en montre le concept, qui s'appuie sur des navettes autonomes motorisées, d'une soixantaine de passagers.** Des navettes pouvant accommoder des containers de 10 tonnes peuvent également transporter les marchandises sans pétrole sur la même infrastructure. Un petit film, réalisé par TRENS Québec, grâce à l'intégration de l'animation numérique dans des séquences vidéo traditionnelles permet de visualiser le monorail en opération (voir [www.trensquebec.qc.ca](http://www.trensquebec.qc.ca)).

Les promoteurs de cette technologie, qui reste à développer, font valoir qu'elle serait beaucoup moins chère qu'un TGV (de l'ordre de 3 fois moins) et très bien adaptée pour desservir autant les grandes villes que les régions, alors que le TGV est conçu pour relier principalement les grandes villes. Les réductions de coûts sont dues à des réductions importantes du travail au sol, du nombre de viaducs et de ponts requis, ainsi que des expropriations. Le fait que le monorail est constitué de navettes indépendantes de 60 passagers capables d'atteindre leur vitesse maximale en moins de 30 secondes le rend particulièrement bien adapté aux régions. Pas besoin de remplir une rame de 360 passagers avant de partir, et l'accélération rapide permet de faire des arrêts dans les petites villes le long d'un trajet principal, sans trop rallonger le temps de parcours.

Le TGV, de son côté, accélère et décélère beaucoup plus lentement, et doit donc réduire le nombre d'arrêts s'il veut tirer avantage de sa grande vitesse.

Enfin, puisque le monorail serait équipé de pneus en caoutchouc, il pourrait gravir les pentes dans les régions montagneuses, alors qu'un TGV nécessiterait des ponts et des tunnels pour circuler dans un tel environnement, ou devrait faire de grands détours. Le différentiel de coûts serait alors encore plus accentué entre les deux technologies.

Bien que la technologie du monorail rapide suspendu n'ait pas encore été validée, ses nombreux avantages potentiels mériteraient qu'on pousse plus loin l'exploration de ce nouveau mode de transport rapide interurbain, via des études de faisabilité appropriées.



*Figure 2.6 Vision d'artiste du monorail rapide suspendu à moteurs-roues, conçu par le physicien québécois Pierre Couture dans les années 1990. Le rail est recouvert afin d'éviter le déneigement et le verglas. (Dessin de Paul Berryman, gracieuseté des Éditions MultiMondes)*

**Le monorail rapide pourrait bien être un élément déterminant dans la prospérité économique de plusieurs régions du Québec, menacées par la crise pétrolière imminente.** De plus, il offrirait la possibilité de transporter des personnes autant que des marchandises sans pétrole, à une plus grande échelle que le TGV, pour un même investissement. Sans compter que le développement de cette nouvelle technologie, qu'on pourrait exporter, contribuerait au développement économique du Québec, employant, entre autres, de nombreux ingénieurs.

La technologie du monorail est complémentaire à celle du TGV, même si les deux peuvent compétitionner sur certains trajets. Le TGV est plus rapide sur les liens directs à longue distance (supérieurs à 500 ou 600 km) entre des bassins fortement peuplés, alors que le monorail convient mieux aux moyennes distances et/ou à des régions plus faiblement peuplées. Il faut voir au-delà de la compétition apparente entre ces deux technologies et comprendre qu'ensemble elles ouvrent la porte à un plus grand marché. C'est une opportunité qu'il serait dommage de laisser passer.

## 2.4 Le transport des marchandises

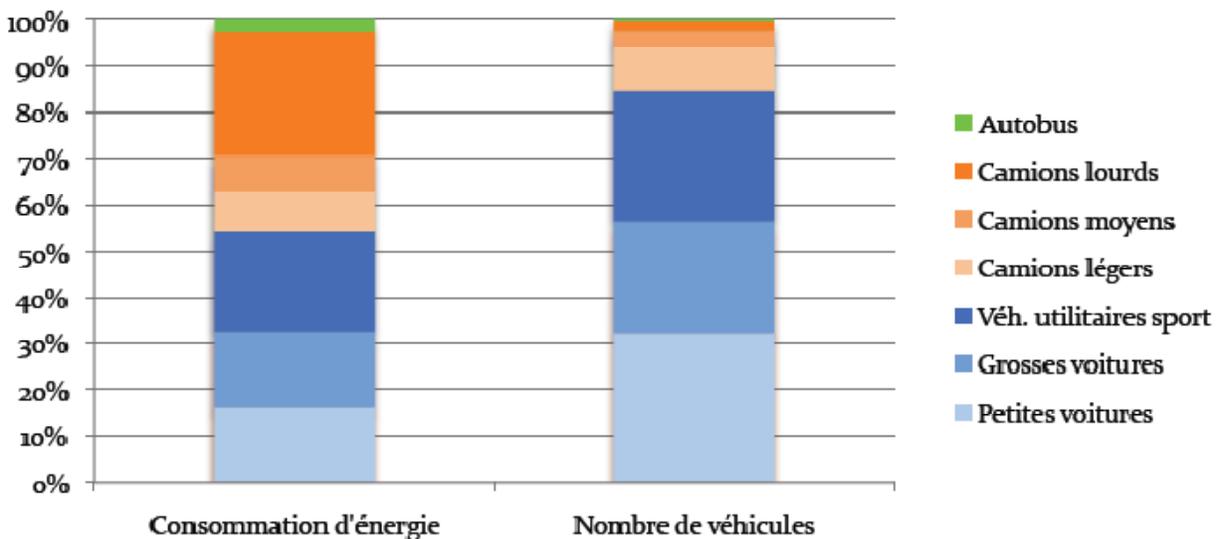
Le transport des marchandises, même s'il implique un nombre beaucoup plus petit de véhicules que le transport des personnes, consomme environ 44 % des carburants dans les transports routiers au Canada. C'est ce que nous révèle la figure 2.7, réalisée à partir des données statistiques de Ressources naturelles Canada<sup>65</sup>. On constate sur cette figure que le transport collectif des passagers, qui fait l'objet de la section précédente, ne représente qu'une petite consommation de carburant (2,4 %) par rapport à celle du transport des marchandises. La répartition devrait être semblable au Québec, puisque les mêmes types de véhicules sont utilisés.

### 2.4.1 Le transport urbain des marchandises

Le transport urbain des marchandises fait souvent appel à des petits camions ou des camions moyens, qui partent d'une entreprise pour effectuer des livraisons à l'intérieur d'un périmètre limité. Les camions qui parcourent entre 100 km et 150 km quotidiennement et reviennent au stationnement de l'entreprise le soir, constituent un autre marché de niche pour les véhicules tout électriques, particulièrement pour les petits camions.

Les autres camions légers et moyens urbains ont intérêt à être hybrides ordinaires ou branchables.

## Parc canadien de véhicules routiers en 2007



**Figure 2.7 Répartition de la consommation d'énergie et du nombre de véhicules dans les transports routiers au Canada en 2007, pour les différents types de véhicules, selon les données statistiques de Ressources naturelles Canada. Le transport personnel des passagers est en bleu, le transport collectif des passagers en vert (autobus urbains, interurbains et scolaires), et le transport des marchandises en orangé. Le parc canadien de véhicules routiers (excluant les motos et scooters) comptait 19,1 millions de véhicules en 2007, qui ont consommé 2 046 PJ d'énergie sous forme de carburant.**

<sup>65</sup> Ressources naturelles Canada, *Guide de données sur la consommation d'énergie, 1990 à 2007*, Publications Econergie, Office de l'efficacité énergétique, Ottawa, 2010. Téléchargement à [www.oee.nrcan-rncan.gc.ca/publications/statistiques/guide09](http://www.oee.nrcan-rncan.gc.ca/publications/statistiques/guide09)

Par ailleurs, une étude récente du MIT<sup>66</sup> met de l'avant la possibilité d'utiliser du gaz naturel comprimé (GNC) pour des camions de livraison qui font beaucoup de kilométrage annuel, mais pas de parcours sur des longues distances. Pour éviter d'avoir à installer une infrastructure élaborée pour faire le plein des véhicules au GNC il suffit qu'ils reviennent au stationnement de l'entreprise tous les soirs. Le kilométrage important est requis pour compenser le coût supérieur des véhicules fonctionnant au gaz naturel comprimé via les économies réalisées sur l'achat de carburant. Par ailleurs, les véhicules au GNC ont une autonomie réduite de moitié environ par rapport aux véhicules traditionnels, dû au grand volume des réservoirs de gaz. C'est pourquoi on ne peut rouler sur de longues distances avec du gaz naturel comprimé, sans faire le plein.

Mais, on peut également utiliser du biogaz comprimé, qui est très similaire dans sa composition au gaz naturel raffiné. La différence est que le biogaz est un carburant renouvelable, issu de la fermentation anaérobique de matières organiques putrescibles.

**En fait, le biogaz est fortement à privilégier, car il émet beaucoup moins de GES que le gaz naturel.** Le biogaz issu des déchets municipaux putrescibles émet approximativement 5 fois moins de GES que les carburants pétroliers, alors que le biogaz élaboré à partir des fumiers en émet 20 fois moins environ, lorsqu'on considère les cycles de vie. Le gaz naturel, de son côté, émettrait seulement 10 % à 15 % moins de GES que le carburant diesel, du puits aux roues des véhicules. Ce sont là les résultats d'une étude conduite par l'*Institut pour l'environnement et le développement durable* (Institute for Environment and Sustainability), pour la Commission européenne<sup>67</sup>, et publiée en 2006.

**Toutefois, en avril 2010, Robert Howarth, un chercheur de l'Université de Cornell a fait valoir qu'en utilisant le gaz naturel comme carburant, on pourrait bien émettre 60 % plus de GES que les carburants pétroliers, lorsqu'on considère les émissions issues de l'extraction, du raffinage et de la distribution du gaz naturel. Selon ce scientifique, les fuites de méthane en sont principalement responsables<sup>68</sup>.**

Pour comprendre, il faut savoir que le méthane (principal constituant du gaz naturel) est 25 fois plus actif que le CO<sub>2</sub> pour le réchauffement climatique sur une période de 100 ans, et 72 fois plus sur une période de 20 ans<sup>69</sup>. Or, Howarth retient une période de 20 ans, typique de la durée d'exploitation d'un champ gazier. Pour l'estimation du pourcentage de fuites, le chercheur de Cornell utilise l'évaluation faite par l'*Environmental Protection Agency* (EPA) d'environ 1,5 %<sup>70</sup>. En multipliant ce pourcentage par 72, on réalise que **les fuites de méthane produiraient autant d'effet sur le réchauffement du climat (en 20 ans) que la combustion du gaz naturel utilisé!** Alors, même si le gaz naturel n'émet en brûlant que 72,5 % du CO<sub>2</sub> produit par la combustion de carburant diesel (pour un même contenu en énergie), s'il faut doubler cette quantité de CO<sub>2</sub> à cause des fuites, on arrive à 145 %. Enfin, il faut également ajouter les GES générés par l'exploration et la mise en place des infrastructures de production et de distribution du gaz naturel (production et mise en place des gazoducs, énergie pour le forage

<sup>66</sup> Ernest J. Moniz et al., *The Future of Natural Gas*, MIT Energy Initiative, Cambridge, 2010.

<sup>67</sup> R. Edwards et al., *Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context*, rapport EUR 22342 EN de l'*Institute for Environment and Sustainability* de la Commission Européenne (Joint Research Centre), conjointement avec *Concawe* (CONservation of Clean Air and Water in Europe, association environnementale européenne des compagnies de pétrole) et *EUCAR* (European Council for Automotive R&D), 2006.

<sup>68</sup> Robert W. Howarth, *Preliminary Assessment of the Greenhouse Gas Emissions from Natural Gas obtained by Hydraulic Fracturing*, publié le 1<sup>er</sup> avril 2010 sur le site du Howarth/Marino Lab de l'U. Cornell à [http://www.eeb.cornell.edu/howarth/Howarth\\_Energy%20and%20Environment.html](http://www.eeb.cornell.edu/howarth/Howarth_Energy%20and%20Environment.html). Voir également le billet de Kevin Bullis, l'éditeur pour l'énergie du magazine *Technology Review* du MIT, publié le 16 avril 2010 à [www.technologyreview.com/blog/energy/25058/](http://www.technologyreview.com/blog/energy/25058/) et intitulé « *Natural Gas May Be Worse for the Planet than Coal* ».

<sup>69</sup> Claude Villeneuve et François Richard, *Vivre les changements climatiques*, Éditions MultiMondes, 2007, page 33.

<sup>70</sup> Environmental Protection Agency (EPA), *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks : 1990 – 2006*, 15 avril 2008.

et la fracturation des schistes, transport et épuration des eaux contaminées. . .). Selon Howarth, cette contribution est environ 3 fois supérieure aux GES générés par la production, le raffinage et la distribution du carburant diesel conventionnel.

Même en considérant une période de 100 ans, une fuite de 1,5 % de méthane aurait un potentiel de réchauffement équivalent à 37,5 % (25 x 1,5 %) du CO<sub>2</sub> émis par la combustion du gaz naturel utilisé. Cette combustion et les fuites de méthane auraient donc, ensemble, le même potentiel de réchauffement que la combustion de carburant diesel (pour un même contenu en énergie).

Robert Howarth admet que ses évaluations sont préliminaires, et qu'il faudrait des mesures plus détaillées pour les préciser. Mais, selon lui, il y a de bonnes chances que les fuites soient encore supérieures à 1,5 %, en particulier pour les gaz de schistes.

**En fait, le message qu'il convient de retenir est que l'utilisation du gaz naturel comme carburant de remplacement des carburants pétroliers ne ferait qu'accélérer les émissions de GES.** Et, comme nous le dit Robert Howarth, dans une entrevue donnée au *Watershed Post*<sup>71</sup>:

*« As a nation, something like Marcellus shale drilling could be the exact wrong thing for us to do. Flooding the market with cheap, dirty natural gas could mean green power can't compete in the market. »*

*« Comme nation, quelque chose comme le forage des schistes de la formation Marcellus pourrait bien être exactement la mauvaise chose à faire pour nous. Inonder le marché avec du gaz naturel sale et bon marché pourrait signifier que les énergies vertes ne peuvent compétitionner sur le marché. »*

**Nous sommes donc d'avis que dans l'état actuel des choses, le recours au gaz naturel comme carburant pour les véhicules ne doit être considéré qu'à petite échelle (remplacement de quelques pourcents du pétrole tout au plus), et qu'il vaut beaucoup mieux privilégier les carburants alternatifs renouvelables, comme le biogaz.**

#### 2.4.2 Le transport interurbain des marchandises

Le transport routier interurbain des marchandises s'effectue principalement à l'aide de camions lourds diesel (masse supérieure à 15 000 kg) qui consomment 34,9 litres/100 km de carburant en moyenne, et parcourent 92 660 km annuellement en moyenne au Canada<sup>72</sup>. La fraction d'énergie que ces camions consomment sous forme de carburant pétrolier, par rapport à l'ensemble du parc de véhicules routiers canadiens, est de 27 %, comme l'indique la figure 2.7.

Il n'est pas pensable d'électrifier ce genre de camions, car la batterie devrait être beaucoup trop grosse et lourde, et elle coûterait beaucoup trop cher. Comme les camions lourds interurbains roulent la majeure partie du temps à vitesse constante sur des autoroutes, leur hybridation n'apporterait pas autant de bénéfices qu'à un véhicule urbain, pour réduire leur consommation de carburant.

<sup>71</sup> Lisa Harris, *Cornell scientist tarnishes natural gas's clean image*, article du *Watershed Post* relatant une entrevue avec Robert Howarth, publié le 22 avril 2010 sur le site [www.watershedpost.com](http://www.watershedpost.com). Voir la page [www.watershedpost.com/2010/cornell-scientist-tarnishes-natural-gass-clean-image](http://www.watershedpost.com/2010/cornell-scientist-tarnishes-natural-gass-clean-image).

<sup>72</sup> Ressources naturelles Canada, *Guide de données sur la consommation d'énergie, 1990 à 2007*, Publications Econergie, Office de l'efficacité énergétique, Ottawa, 2010. Téléchargement à [www.oe.e.nrcan-rncan.gc.ca/publications/statistiques/guide09](http://www.oe.e.nrcan-rncan.gc.ca/publications/statistiques/guide09)

*Transport Canada*, via son programme écoMARCHANDISE pour le secteur routier<sup>73</sup>, et l'*Alliance canadienne du camionnage*, avec son programme écoCamion<sup>74</sup>, visent principalement à réduire la consommation de carburants pétroliers à l'aide de diverses technologies applicables principalement aux camions semi-remorques neufs ou usagés. À cet effet, l'*Alliance canadienne du camionnage* a commandé une étude<sup>75</sup> au *Rocky Mountain Institute* (RMI, [www.rmi.org](http://www.rmi.org)), bien connu pour son implication dans les projets écoénergétiques.

Cette étude propose des modifications à la flotte existante de camions semi-remorques, qui touchent à trois aspects : l'amélioration de l'aérodynamique, la diminution de la résistance au roulement des pneus, et l'installation d'un groupe électrogène de bord pour éviter de laisser tourner le moteur au ralenti, lorsque le camion est à l'arrêt. L'ensemble de ces modifications permet de réduire la consommation de carburant de 27 %.

Par ailleurs, un entraînement des conducteurs à l'écoconduite peut faire diminuer la consommation de carburant de 10 % ou plus. Il serait souhaitable également de mieux gérer le transport des marchandises en diminuant les retours à vide, via des ententes entre compagnies, ce qui peut réduire de façon importante la consommation de carburant. De plus, les trains routiers (deux remorques) font économiser jusqu'à 50 % de carburant.

Pour diminuer la consommation des carburants pétroliers des camions lourds, il reste l'avenue des technologies associées au moteur, et les carburants de remplacement. Dans le cadre de son programme écoMARCHANDISES, *Transport Canada* reconnaît que certaines technologies appliquées au moteur peuvent réduire la consommation de carburant, mais qu'un nombre insuffisant d'essais ont été conduits au sein du programme, en juin 2010, pour en tirer des conclusions. C'est un dossier à suivre.

Par contre, pour ce qui est des carburants de remplacement, le projet «Corridor d'air pur» de Enbridge<sup>76</sup> a démontré en 2006 qu'en utilisant du gaz naturel liquide (GNL) on peut réduire la consommation de diesel des camions lourds de 90 %, grâce à un système d'injection directe à haute pression mixte (gaz naturel et diesel). Ce faisant, on réduirait également de 20 % les émissions de gaz à effet de serre, de 40 % à 50 % les oxydes d'azote, et de 80 % les matières particulaires. Notons que les réductions d'oxydes d'azote et de matières particulaires sont similaires aux réductions des camions lourds diesel post 2010. Il est bon de rappeler également que le gaz naturel comprimé n'est pas approprié pour les longues distances, car les réservoirs sous pression devraient être trop volumineux pour une autonomie raisonnable.

Toutefois, l'*American Trucking Associations* (ATA) fait plusieurs mises en garde au sujet de l'utilisation du gaz naturel liquéfié pour les camions lourds sur longs parcours. Dans un article en ligne sur son site ([www.truckline.com](http://www.truckline.com)), daté d'octobre 2009, et intitulé « *Is Natural Gas a Viable Alternative to Diesel for the Trucking Industry?* », l'ATA mentionne :

- le coût élevé des infrastructures requises pour faire le plein de GNL,
- un surcoût de 70 000 \$ pour un camion lourd au GNL,
- les fuites de méthane dans l'atmosphère (un gaz 20 fois plus actif que le CO<sub>2</sub> pour l'effet de serre) dû à la ventilation du réservoir, requise pour maintenir le GNL à la température cryogénique de - 162 °C,
- les aménagements spéciaux requis pour détecter les fuites de méthane dans les ateliers de réparation, et éviter les étincelles du système électrique,

<sup>73</sup> Voir le site de *Transport Canada* à l'adresse [www.tc.gc.ca/fra/programmes/environnement-ecomarchandises-routier-menu-548.htm](http://www.tc.gc.ca/fra/programmes/environnement-ecomarchandises-routier-menu-548.htm)

<sup>74</sup> Voir le site de l'*Alliance canadienne du camionnage* à la page [www.cantruck.ca/envirotruck](http://www.cantruck.ca/envirotruck)

<sup>75</sup> Michael Ogburn et Laurie Ramroth, *Truck Efficiency and GHG Reduction Opportunities in the Canadian Truck Fleet*, RMI, 2007.

Téléchargement à [www.rmi.org/rmi/Library/T07-10\\_TruckEfficiencyGHGReduction](http://www.rmi.org/rmi/Library/T07-10_TruckEfficiencyGHGReduction)

<sup>76</sup> Voir le site de *Transport Canada* à [www.tc.gc.ca/fra/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/fra/menu.htm) et taper «Enbridge air pur» dans la boîte de recherche.

- les temps morts plus longs pour les camions au GNL lors de bris, en raison des pièces plus difficiles à trouver
- le manque de main-d'œuvre qualifiée.

**Pour toutes ces raisons, l'ATA considère que la filière GNL n'est pas viable présentement pour les camions lourds sur longs trajets.**

D'ailleurs, dans l'étude de 2010 du Massachusetts Institute of Technology (MIT), sur l'avenir du gaz naturel<sup>77</sup>, les chercheurs de cette institution mentionnent que **le gaz naturel pourrait avoir un impact important sur la réduction de notre dépendance au pétrole s'il pouvait être converti économiquement en un carburant liquide à température ambiante, semblable à ceux qu'on utilise présentement (diesel, essence ou éthanol). En effet, dans ce cas, les véhicules ne coûteraient pas beaucoup plus cher et les investissements sur l'infrastructure de distribution seraient modestes.**

Mais, comme nous l'avons vu à la section 2.4.1, il est préférable d'opter pour les carburants alternatifs renouvelables plutôt que pour le gaz naturel, car ce dernier émettrait plus de GES que les carburants pétroliers, lorsqu'on tient compte des fuites de méthane. Et ces fuites vont nécessairement être plus importantes pour le GNL, puisque du méthane s'échappe des réservoirs cryogéniques des camions. Sans compter qu'il faut dépenser plus d'énergie pour liquéfier le gaz naturel, ce qui implique encore plus d'émissions de GES.

Le biodiesel, par contre, est un carburant alternatif renouvelable qui a l'avantage d'être liquide. On le fabrique à partir d'huile de friture recyclée, de gras d'abattoirs, ou d'huiles végétales, et il a été essayé avec succès dans des camions lourds en 2005, par la Compagnie de la Baie d'Hudson, dans le cadre du programme écoMARCHANDISES de Transport Canada <sup>78</sup>. Le mélange utilisé était le B20 (80 % diesel et 20 % biodiesel).

Après toutes les possibilités de réduction de carburants pétroliers que nous venons de voir, **il reste le transfert modal des marchandises. Le ferroutage qui consiste à embarquer les remorques sur des wagons spéciaux de trains, fonctionne bien en France et aurait intérêt à être développé ici pour les grandes distances. Advenant la mise en place d'un réseau de monorails rapides suspendus au Québec, on pourrait transférer également une partie importante du transport de marchandises interurbain à ce nouveau mode de transport électrique.**

Finalement, **une révision de nos façons de faire pourrait réduire nos besoins en transport de marchandises.** Dans un contexte de rareté du pétrole, il serait plus judicieux de consommer les produits locaux ou régionaux autant que possible. La politique des livraisons « juste à temps » pourrait également être reconsidérée, afin de réduire les transports plus nombreux de marchandise alors que les camions ne sont pas toujours pleins.

<sup>77</sup> Ernest J. Moniz et al., *op. cit.*

<sup>78</sup> Voir le site de Transport Canada à [www.tc.gc.ca/fra/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/fra/menu.htm) et taper « biodiesel hudson » dans la boîte de recherche.

# Chapitre 3

## Revue de l'actualité mondiale, canadienne et québécoise

Dans ce chapitre, nous verrons d'abord, dans la section 3.1, quels seront les véhicules à motorisation électrique qui devraient être commercialisés avant 2014, un peu partout. Nous enchaînerons avec un survol de l'industrie canadienne et québécoise des véhicules écologiques, la section 3.2, en énumérant les intervenants principaux, et en soulignant quelques réalisations particulièrement intéressantes. Enfin, nous terminerons ce chapitre en exposant, dans la section 3.3, les grandes lignes des politiques incitatives de divers pays, pour promouvoir la pénétration sur le marché de ces véhicules tant attendus. Nous ferons état, bien sûr, de la feuille de route technologique canadienne, sortie en mars 2010.

### 3.1 Les véhicules à motorisation électrique bientôt accessibles

Plusieurs fabricants se sont engagés à commercialiser des véhicules à motorisation électrique (tout électriques ou hybrides branchables) d'ici quelques années. Les informations ne sont pas encore complètes sur ces futurs véhicules, et elles risquent de changer. Mais nous présentons sous forme de tableaux les grandes lignes de ce à quoi on devrait s'attendre, selon l'information disponible en juillet 2010. Une bonne partie des entrées dans ces tableaux provient de la page « Plug-in Vehicle Tracker »<sup>79</sup> du site de l'organisation *Plug-In America*. Les trois tableaux pour les véhicules légers regroupent les fabricants par continent, mais certains véhicules qu'ils fabriquent peuvent se retrouver éventuellement sur plusieurs continents. Lorsque l'année de commercialisation n'est pas indiquée, cela signifie qu'il s'agit de véhicules concepts en développement.

TABLEAU 1 : AMÉRIQUE (véh. légers à 4 roues)				
FABRICANT	MODÈLE	TECHNOLOGIE	AUTON. ÉLECT.	ANNÉE
<a href="#">Bright Automotive</a>	Idea (fourgonnette)	Hybride branchable	50 km	2013
Chrysler - Fiat	<a href="#">Dodge RAM</a> (camion)	Hybride branchable	32 km	-
Chrysler - Fiat	<a href="#">Fiat 500 EV</a>	Tout électrique	-	2012
<a href="#">Coda Automotive</a>	Coda Sedan	Tout électrique	140 – 190 km	2011
<a href="#">Fisker Automotive</a>	Karma	Hybride branchable	80 km	2011
<a href="#">Ford</a>	Focus	Tout électrique	160 km	2011
<a href="#">Ford</a>	Escape	Hybride branchable	64 km	2012
<a href="#">Ford</a>	Transit Connect EV	Tout électrique	160 km	2010
<a href="#">GM</a>	Chevrolet Volt	Hybride branchable	64 km	2011
<a href="#">Tesla Motors</a>	Roadster	Tout électrique	350 km	2008
<a href="#">Tesla Motors</a>	Model S	Tout électrique	240, 365, ou 480 km	2011

<sup>79</sup> Voir [www.pluginamerica.org/vehicles](http://www.pluginamerica.org/vehicles)

**TABLEAU 2 : EUROPE (véh. légers à 4 roues)**

FABRICANT	MODÈLE	TECHNOLOGIE	AUTON. ÉLECT.	ANNÉE
<a href="#">Audi</a>	e-tron	Tout électrique	250 km	-
<a href="#">Audi</a>	A1 e-tron	Hybride branchable	50 km	-
<a href="#">BMW</a>	Vision	Hybride branchable	50 km	-
<a href="#">BMW</a>	ActiveE	Tout électrique	160 km	2011
<a href="#">Citroën</a>	C-Zero (iMiev Mitsub.)	Tout électrique	130 km	2011
<a href="#">Daimler</a>	Smart ED	Tout électrique	200 km	2009
<a href="#">Daimler Mercedes</a>	BlueZero E-Cell	Tout électrique	200 km	-
<a href="#">Daimler Mercedes</a>	BlueZero E-Cell PLUS	Hybride branchable	100 km	-
<a href="#">Daimler Mercedes</a>	BlueZero F-Cell	Pile à combustible-H2	400 km	-
<a href="#">Hiriko</a>	<a href="#">Hiriko City car</a>	Tout électrique	120 km	2012
<a href="#">Lumeneo</a>	Smera	Tout électrique	150 km	2010
<a href="#">Nice - Fiat</a>	Mega City	Tout électrique	100 km	2010
<a href="#">Opel (GM)</a>	Ampera	Hybride branchable	60 km	2011
<a href="#">Peugeot</a>	iOn (iMiev Mitsub.)	Tout électrique	130 km	2010
<a href="#">Peugeot</a>	<a href="#">3008 HDI HY4 R</a>	Hybride branchable	-	2012
<a href="#">Pininfarina-Boloré</a>	<a href="#">Bluecar</a>	Tout électrique	250 km	2010
<a href="#">Renault</a>	Fluence ZE	Tout électrique	160 km	2011
<a href="#">Renault</a>	Zoe ZE	Tout électrique	160 km	2011
<a href="#">Renault</a>	Kangoo ZE	Tout électrique	160 km	2011
<a href="#">Seat</a>	Leon TwinDrive	Hybride branchable	50 km	2014
<a href="#">Think</a>	City	Tout électrique	160 km	2010
Volkswagen	<a href="#">E-Up!</a>	Tout électrique	130 km	<a href="#">2013</a>
Volkswagen	<a href="#">Golf Twin Drive</a>	Hybride branchable	50 km	-
<a href="#">Volvo</a>	Tests sur V70	Hybride branchable	50 km	2012

**TABLEAU 3 : ASIE-PACIFIQUE (véh. légers à 4 roues)**

FABRICANT	MODÈLE	TECHNOLOGIE	AUTON. ÉLECT.	ANNÉE
<a href="#">BYD</a>	F3DM	Hybride branchable	100 km	2009
<a href="#">BYD</a>	E6	Tout électrique	300 km	2011
<a href="#">Chery</a>	S18	Tout électrique	150 km	2010
<a href="#">Honda</a>	FCX concept	Pile à combustible-H2	570 km	-
Honda	-	<a href="#">Tout électrique</a>	-	2012
Honda	-	<a href="#">Hybride branchable</a>	-	2012
<a href="#">Hyundai</a>	<a href="#">Blue Will</a>	Hybride branchable	<a href="#">25-40 km</a>	2012
<a href="#">Hyundai</a>	i 10 Electric	Tout électrique	160 km	2010
Kia	<a href="#">Ray</a>	Hybride branchable	80 km	-
<a href="#">Nissan</a>	Leaf	Tout électrique	160 km	2011
<a href="#">Mitsubishi</a>	iMiev	Tout électrique	130 km	2011
<a href="#">Mitsubishi</a>	PX-Miev	Hybride branchable	50 km	-
<a href="#">Proton</a>	Emas	Hybride branchable	50 km	-
<a href="#">Reva</a>	NXR	Tout électrique	80 km	2010
<a href="#">Reva</a>	NXG	Tout électrique	200 km	2011
<a href="#">Suzuki</a>	Swift Plug-in	Hybride branchable	20 km	-
Tata Motors	<a href="#">Indica Vista EV</a>	Tout électrique	200 km	2010
<a href="#">Toyota</a>	Prius Plug-in	Hybride branchable	20 km	2011
<a href="#">Toyota</a>	FT EV	Tout électrique	90 km	2012
Toyota	<a href="#">RAV 4 EV</a>	Tout électrique	-	2012

**TABLEAU 4 : AUTOBUS et MINIBUS**

FABRICANT	PAYS	MODÈLE	TECHNOL.	AUT. ÉLECT.	ANNÉE
<a href="#">Ankai</a>	Chine	Pure Electric	Tout élect.	250 km	2009
<a href="#">BredaMenarinibus</a>	Italie	Zeus M200 E	Tout élect.	120 km	2007
<a href="#">DesignLine</a>	États-Unis	Eco-Smart 1	Tout élect.	200 km	2007
<a href="#">Fisher Coachworks</a>	États-Unis	GTB-40 e	Tout élect.	200 km	2011
<a href="#">Fisher Coachworks</a>	États-Unis	GTB-40 ex	Hyb. Branch.	65 km	2011
<a href="#">Gruau Microbus</a>	France	Electricity	Tout élect.	120 km	2009
<a href="#">Proterra</a>	États-Unis	EcoRide BE-35	Tout élect.	50 km recharge 10 min.	2009
<a href="#">PVI</a>	France	Oreos 2X, 4X	Tout élect.	120 km	2008
<a href="#">Sinautec</a>	Chine	Ultracap Bus	Tout élect.	Autobus biberonné	2006
<a href="#">Tecnobus</a>	Italie	Gulliver E	Tout élect.	130 km	2007

**TABLEAU 5 : CAMIONS MOYENS**

FABRICANT	PAYS	MODÈLE	TECHNOL.	AUT. ÉLECT.	ANNÉE
<a href="#">Boulder Electric V.</a>	États-Unis	Delivery Truck	Tout élect.	160 km	2010
<a href="#">EVI</a>	États-Unis	Camions divers	Tout élect.	80 km, 140 km	2009
<a href="#">Modec</a>	G.B., É.-U.	Camions divers	Tout élect.	100 km, 160 km	2007
<a href="#">Smith Elect. Veh.</a>	G.B., É.-U.	Camions divers	Tout élect.	160 km	2006
<a href="#">Zero Truck</a>	États-Unis	Zero Truck	Tout élect.	160 km	2009

**TABLEAU 6 : VÉHICULES à 2 et 3 ROUES**

FABRICANT	PAYS	MODÈLE	TECHNOL.	AUT. ÉLECT.	ANNÉE
<a href="#">Arcimoto</a>	États-Unis	Arcimoto (3 roues)	Tout élect.	130 km	2010
<a href="#">Aptera</a>	États-Unis	Aptera 2e (3 roues)	Tout élect.	160 km	2011
<a href="#">Brammo</a>	États-Unis	Enertia (moto)	Tout élect.	65 km	2009
<a href="#">Electric Motorsport</a>	États-Unis	Native Z1.5 (scooter)	Tout élect.	65 km	2009
<a href="#">Electric Motorsport</a>	États-Unis	GPR-5 (moto)	Tout élect.	60 — 100 km	2009
<a href="#">EVT</a>	Chine	EVT-4000 (scooter)	Tout élect.	60– 80 km	2009
<a href="#">FVT</a>	Canada	eVaro (3 roues)	Hyb. branch.	200 km	2011
<a href="#">Green Vehicles</a>	États-Unis	Triac (3 roues)	Tout élect.	160 km	-
<a href="#">Myers Motors</a>	États-Unis	NmG (3 roues)	Tout élect.	100 km	2010
<a href="#">Piaggio</a>	Italie	MP3 Hybrid (scooter)	Hyb. Branch.	20 km	2009
<a href="#">Vectrix</a>	Chine	VX-1 (scooter)	Tout élect.	55 — 85 km	2007
<a href="#">Zap</a>	États-Unis	Alias (3 roues)	Tout élect.	160 km	-
<a href="#">Zero Motorcycles</a>	États-Unis	Zero S (moto)	Tout élect.	60– 80 km	2011

À la lueur de ces six tableaux, on est en mesure de constater que l'industrie des transports routiers, à l'échelle internationale, a pris un virage décisif depuis 2007, ce qui rend désormais indéniable la révolution imminente en mobilité durable, et reflète la conscientisation des fabricants et des gens face au réchauffement climatique et à la déplétion du pétrole.

## 3.2 L'industrie des véhicules écologiques au Québec et au Canada

En ce qui concerne l'industrie canadienne des véhicules écologiques, même s'il n'y a pas encore de fabricant automobile national, plusieurs intervenants ont déjà contribué de façon importante au domaine de la mobilité durable, de diverses façons.

Ceux qui veulent se familiariser davantage avec l'ensemble des intervenants canadiens et québécois, pourront consulter avec profit le [Répertoire des ressources en mobilité électrique au Canada 2008](#), de l'organisation *Mobilité électrique Canada (MÉC)*, de même que la [liste des membres](#) de cette organisation, mise à jour en 2010. Les deux documents peuvent être téléchargés gratuitement sur le site de MÉC à l'adresse [www.emc-mec.ca/fr](http://www.emc-mec.ca/fr).

Par ailleurs, trois symposiums ont eu lieu au Québec en 2009 et 2010 portant entièrement ou partiellement sur l'électrification des transports. Les programmes et présentations de ces symposiums sont en ligne et peuvent être téléchargés gratuitement, ce qui permet de connaître les participants et leurs implications en mobilité durable. Ces trois symposiums et leurs adresses Internet correspondantes sont :

- **INNO 09**, 23 et 24 avril 2009, sessions sur les véhicules électriques, [http://www.reseaumateriauxquebec.ca/inno09/archive/fr/programme\\_VehiculesElectriques.htm](http://www.reseaumateriauxquebec.ca/inno09/archive/fr/programme_VehiculesElectriques.htm)
- **PHEV 09**, 28-30 septembre 2009, <http://www.emc-mec.ca/phev/en/Proceedings.html>
- **L'électrification des transports au Québec : Du mythe à la réalité... À quelle vitesse?**, 20 et 21 mai 2010. [http://www.forumurba2015.com/3.6.1\\_electrification\\_des\\_transports\\_accueil.html](http://www.forumurba2015.com/3.6.1_electrification_des_transports_accueil.html)

Pour le présent rapport, nous présentons, dans les deux prochains paragraphes, les intervenants québécois et canadiens notables concernant les véhicules écologiques.

### 3.2.1 L'industrie des véhicules écologiques au Québec : un survol

Au Québec, il faut tout d'abord souligner le travail de pionnier et de visionnaire du docteur Pierre Couture de l'[Institut de recherche d'Hydro-Québec \(IREQ\)](#). Ce physicien québécois et son équipe ont développé des moteurs-roues très performants, dont ils ont équipé une Chrysler Intrepid dans la première moitié des années 1990<sup>80</sup>. Afin de pouvoir mettre les moteurs dans les roues, le docteur Couture a dû introduire plusieurs innovations importantes qui ont permis de réduire la masse et le volume des moteurs électriques, pour une puissance donnée, tout en augmentant leur efficacité bien au-delà de celle des moteurs électriques traditionnels, afin d'en diminuer l'échauffement. Plusieurs de ces innovations se retrouvent présentement dans le moteur électrique central commercialisé par [TM4](#), la filiale d'Hydro-Québec, et en font le meilleur moteur électrique de sa catégorie. D'ailleurs, ce moteur a été choisi par le fabricant automobile Tata Motors, en 2009, pour équiper sa nouvelle voiture électrique, la [Indica Vista EV](#).

On doit également à Pierre Couture d'avoir introduit le concept moderne des voitures hybrides branchables en 1994. Selon cet éminent chercheur, c'est la meilleure façon de réduire rapidement et fortement notre consommation de pétrole, à un prix compétitif, sans diminuer l'autonomie des véhicules ni leurs performances, et sans avoir à implanter d'infrastructures coûteuses pour faire le plein d'électricité ou de carburant.

<sup>80</sup> Pierre Langlois, *Rouler sans pétrole*, Éditions MultiMondes, Québec, 2008.

L'IREQ est également à l'origine d'autres découvertes majeures pour la mobilité électrique. L'équipe du docteur Karim Zaghib y a en effet amélioré de façon extraordinaire la puissance et la durée de vie des batteries Li-ion, en structurant convenablement les matériaux utilisés pour les électrodes, à l'échelle des nanomètres. Le matériau principal sur lequel l'équipe a travaillé est le phosphate de fer lithié, le plus sécuritaire pour les batteries Li-ion. C'est ainsi qu'on a vu naître [Phostech Lithium](http://www.phostechlithium.com) (www.phostechlithium.com), près de Montréal, qui produit le phosphate de fer lithié pour les fabricants de batteries à l'échelle mondiale. Cette compagnie est désormais une filiale du groupe allemand Süd-Chemie AG, qui vient d'annoncer, le 12 juillet 2010, [un investissement de 80 M\\$](#) pour construire la plus grande usine au monde de phosphate de fer lithié, au Québec.

L'utilisation du phosphate de fer nanométrique permet à une batterie Li-ion d'être rechargée complètement 2 000 à 3 000 fois. Mais, les percées de l'IREQ ne s'arrêtent pas là. En effet, l'équipe du docteur Zaghib a démontré en 2010<sup>81</sup> qu'en utilisant du phosphate de fer pour une électrode et du titanate de lithium nanométrique pour l'autre électrode d'une batterie, ils ont rechargé des batteries complètement (0 % à 100 %) en 4 minutes, 29 000 fois, avec à peine une légère perte de capacité des batteries. On peut donc s'attendre à une durée de vie de l'ordre de 100 000 cycles pour ces superbatteries Li-ion! C'est dix fois plus de cyclage rapide complet que les meilleures batteries sur le marché. Il faut garder à l'esprit qu'une recharge par jour pendant 15 ans totalise 5 475 recharges. Ces nouveaux matériaux développés à l'IREQ ouvrent donc la porte aux applications qui nécessitent plusieurs dizaines de recharges complètes par jour, dont, bien entendu, les autobus électriques biberonnés décrits à la section 2.3.1. En fait, c'est la seule batterie au monde qui pourrait être utilisée à profit pour ce nouveau genre de transport collectif, et remplacer les supercondensateurs, beaucoup plus lourds et volumineux, normalement employés.

Les superbatteries de l'IREQ pourraient également faire diminuer de façon importante le prix des voitures hybrides branchables, puisque les fabricants pourraient utiliser une batterie deux fois plus petite, qu'on n'aurait qu'à recharger deux fois par jour, à la maison et au travail. Une simple prise de 110 Volts est suffisante, puisque les batteries de telles voitures hybrides branchables auraient une autonomie de 20 à 30 km par recharge complète.

Les Sociétés de transport de Montréal ([STM](#)) et de Laval ([STL](#)) ont bien compris la révolution imminente que vont apporter de telles superbatteries pour les autobus électriques biberonnés. C'est pourquoi, après des études effectuées en partenariat avec le [Centre national des transports avancés](#) (CNTA) de St-Jérôme (www.cnta.ca), ces sociétés ont annoncé en mai 2010 leur intention de tester cette technologie, et qu'elles entrevoient même, à terme, électrifier tous leurs autobus par biberonnage<sup>82</sup>.

Or, le gouvernement du Québec vient d'annoncer, en mars 2010, des subventions de 30 M\$ sur 4 ans pour développer un prototype d'autobus électrique québécois. Les compagnies [Novabus](#), [TM4](#) et [Alcoa](#) seraient les principaux intervenants de ce projet, et l'industrie devrait fournir un montant de 30 M\$, pour un total de 60 M\$. Il serait hautement souhaitable qu'on intègre à ces autobus des superbatteries au titanate de lithium, issues des travaux de l'IREQ, et qu'on inclut dans le projet un système de biberonnage rapide.

Notons que des microbus électriques sillonnent déjà les rues de la ville de Québec depuis 2008, au grand plaisir des habitants de la ville et des touristes. Ces microbus du Réseau de transport de la Capitale ([RTC](#)) ont été achetés en Italie (compagnie Tecnobus)

---

<sup>81</sup> M. Dontigny et al., *HQ Li4Ti5O12/LiFePO4 Power Battery for Fast Charge Applications*, 15th International Meeting on Lithium Batteries, Montréal, 27 juin au 2 juillet 2010 (www.imlb.org). Voir résumé 757 à [http://ecs-sat.peerx-press.org/jsp/mas/reportTechProg.jsp?MEETING\\_ID=102&SYM\\_ID=101](http://ecs-sat.peerx-press.org/jsp/mas/reportTechProg.jsp?MEETING_ID=102&SYM_ID=101).

<sup>82</sup> Voir les présentations de la STM et la STL au colloque *Électrification des transports au Québec : Du mythe à la réalité... À quelle vitesse?*, Montréal, 20 et 21 mai 2010, respectivement à 9 h 55 et 10 h 20 le vendredi 21 mai 2010. Téléchargement des présentations à [www.forumurba2015.com](http://www.forumurba2015.com).

et adaptés aux conditions hivernales par le CNTA. On peut les « recharger rapidement » en échangeant la batterie, mais cela nécessite deux batteries par véhicule.

Avec les compagnies [Bombardier](#), [Nova Bus](#) et [Prévost](#), le Québec est dans une excellente position pour le développement de transports collectifs écologiques. Et ce développement est d'autant plus pertinent que selon une étude de la [Chambre de commerce du Montréal métropolitain](#) (CCMM) et de la firme SECOR Conseil<sup>83</sup>, un investissement dans les transports collectifs au Québec génère 1,7 fois plus d'emplois et 2,5 fois plus de valeur ajoutée que dans le secteur automobile. Ceci, dû au fait que les automobiles sont toutes produites à l'extérieur de la province et entraînent une fuite de capitaux bien plus importante, sans compter la plus grande consommation de pétrole (importé) des voitures.

Par ailleurs, concernant l'option du monorail rapide électrique pour le transport collectif interurbain, de même que pour le transport de marchandises, l'organisme [TRENS Québec](#) diffuse de l'information sur son site ([www.trensquebec.qc.ca](http://www.trensquebec.qc.ca)). Le petit film en images de synthèse qu'on y retrouve est très évocateur.

La compagnie [Girardin](#) de Drummondville, quant à elle, conçoit et fabrique des minibus scolaires et distribue d'autres autobus scolaires, contribuant ainsi au transport collectif.

D'autre part, l'industrie québécoise des véhicules écologiques comporte également la compagnie [Bathium Canada](#), une filiale du groupe français Boloré, qui après avoir racheté les actifs de Avestor démarre ses activités au Québec en 2007, pour le développement et la production de batteries Lithium Métal Polymère. Ces batteries sont dédiées aux véhicules électriques à batterie, comme la [Bluecar](#) de Pininfarina-Boloré, qui devrait être commercialisée en France en 2010. Une partie des batteries de la Bluecar va être produite à l'usine de Boucherville.

La nouvelle compagnie Zenn Motors qui assemblait la Zenn à St-Jérôme au Québec, a malheureusement cessé de produire sa petite voiture électrique de proximité à basse vitesse, en 2010. [Zenn Motor](#) envisage plutôt de devenir un fournisseur automobile pour les supercondensateurs EESstor dont elle a obtenu une licence. Cette nouvelle technologie de stockage d'électricité n'est toutefois pas encore disponible.

Notons que la Zenn avait été développée conjointement avec [l'Institut des transports avancés du Québec](#) (ITAQ), à partir d'une carrosserie de Microcar importée de France. L'ITAQ a également développé un véhicule générique d'essai et mis en place un laboratoire de propulsion avancée.

L'ITAQ et le CNTA sont deux institutions de St-Jérôme qui démontrent bien le dynamisme de cette région dans le développement de la mobilité durable au Québec. On y retrouve également le [Centre de développement des composites du Québec](#) (CDCQ), affilié au cégep de Saint-Jérôme. Les matériaux composites peuvent alléger les véhicules et par conséquent diminuer leur consommation d'énergie (électricité ou carburant).

Une autre façon d'alléger les véhicules est d'utiliser de l'aluminium, un domaine industriel où le Québec excelle, avec des compagnies comme [Rio Tinto Alcan](#) et [Alcoa](#), dont la réputation est bien connue mondialement.

---

<sup>83</sup> CCMM et SECOR Conseil, *Transport en commun : un puissant moteur du développement économique de la région métropolitaine de Montréal*, mémoire paru en décembre 2004. Téléchargement sur le site de la CCMM à l'adresse <http://www.ccmq.ca/fr/salledesepresse>. Choisir la rubrique PUBLICATIONS, puis utiliser la boîte de recherche des archives.

Du côté des camions, on retrouve les deux extrêmes à Ste-Thérèse au Québec, les camions lourds hybrides fabriqués chez [Paccar](#), et les camions électriques urbains à basse vitesse construits chez [Nemo](#).

Pour mettre à l'essai des véhicules, [PMG Technologies](#) de Blainville offre 25 km de pistes et surfaces d'essai spécialement aménagées, de même que six immeubles comportant 5 000 m<sup>2</sup> d'espaces de laboratoire, avec des chambres environnementales dont les températures peuvent varier entre -55 °C et +65 °C. C'est le plus important centre d'essai pour véhicules automobiles au Canada.

En ce qui concerne l'expertise québécoise dans les petits véhicules électriques industriels, la compagnie [Motrec](#) de Sherbrooke en conçoit et en construit, alors que [Précicad](#) de Québec offre des services de design mécanique, de simulation et de conception pour de tels véhicules.

Même les surfaceuses à glace pour les patinoires s'électrifient, et [MG Service](#), de L'Assomption, vend des surfaceuses neuves électriques et a développé un ensemble d'électrification pour surfaceuses usagées, conjointement avec le CNTA et une firme d'ingénieurs.

Deux jeunes compagnies ont vu le jour récemment dans la foulée de la révolution imminente des transports. L'une de Montréal, [Voitures électriques du Québec](#), s'active à commercialiser des voitures électriques converties, à partir de voitures traditionnelles usagées, et l'autre de Québec, [AddÉnergie Technologies](#), s'affaire à développer des postes de recharge pour voitures électriques.

Par ailleurs, le Québec est riche en ressources minières, et une mine de lithium, à 60 km au nord de Val-d'Or, est présentement dans les cartons de la compagnie [Canada Lithium](#). La compagnie estime qu'elle pourrait produire annuellement 19 300 tonnes de carbonate de lithium (Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), soit 3,65 millions de kg de lithium, de quoi fabriquer environ un million de batteries par année pour des voitures intermédiaires qui auraient 100 km d'autonomie en mode électrique<sup>84</sup>. Les ressources seraient suffisantes pour opérer la mine pendant 40 ans à cette cadence. Si tout se passe comme prévu, et que la campagne de financement rassemble les 150 M\$ requis, la mine pourrait ouvrir à la fin 2012.

En plus des ressources minières, le Québec possède des ressources forestières importantes qu'on pourrait mettre à profit, de façon intelligente, au sein d'une filière québécoise de biocarburants de deuxième génération. Une telle filière pourrait revaloriser l'industrie forestière en difficulté. À cet égard, la compagnie québécoise [Enerkem](#) a déjà démontré dans son usine pilote de Westbury, près de Sherbrooke, la possibilité bien réelle de transformer le bois et les déchets ou résidus organiques en éthanol, via un procédé thermochimique de gazéification. Ce procédé a l'avantage d'utiliser toutes les parties d'une plante ou d'un arbre, et non seulement la cellulose. Enerkem a entrepris un partenariat avec la compagnie [Éthanol Greenfield](#), le plus gros producteur d'éthanol au Canada, qui a ouvert une usine à Varennes au Québec en 2007. Cette collaboration a pour but d'accélérer la commercialisation à grande échelle de l'éthanol produit par le procédé Enerkem, à partir des déchets municipaux triés, pour lesquels Enerkem n'aura pas à payer la matière première, mais, au contraire se fera payer, moins cher que ce qui en coûterait pour enfouir les déchets.

Toujours dans le domaine des biocarburants, la compagnie [Rothsay](#) de Sainte-Catherine, près de Montréal, recycle les huiles de cuisson, les sous-produits animaux et les résidus alimentaires pour en faire du biodiesel.

---

<sup>84</sup> Nissan a dévoilé que la batterie Li-ion de 24 kWh de sa *Leaf* (autonomie de 160 km en ville) contenait 4 kg de lithium, tel que relaté dans un article intitulé *Details on Nissan Leaf battery pack, including how recharging speed affects battery life*, publié le 27 mai 2010 par Sebastian Blanco sur [Autobloggreen](#) ([www.green.autoblog.com](http://www.green.autoblog.com)).

Enfin, plusieurs organisations environnementales au Québec sont préoccupées par les transports, mais deux d'entre elles sont particulièrement actives de ce côté et pilotent des projets importants pour modifier nos habitudes, et promouvoir le transport collectif ou alternatif. L'[Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique](#) (AQLPA) gère présentement le programme *Faites de l'air*, qui vise à recycler de façon écologique les vieux véhicules (1995 ou plus anciens) en échange de 300 \$, de 15 mois de titres de transport collectif gratuits, de rabais sur la location de voitures en libre service ou encore de rabais sur des vélo/scooters électriques. En plus d'éliminer de la circulation les véhicules les plus polluants, ce programme constitue un incitatif pour les transports collectifs et alternatifs. Le programme est financé par les gouvernements du Canada et du Québec ainsi que par de nombreux partenaires.

L'organisme [Équiterre](#) est également très proactif pour inciter les gens à changer leurs habitudes de transport en faveur des transports collectifs, alternatifs et actifs. Depuis plusieurs années déjà leur campagne [Cocktail transport](#) fait valoir tous les avantages de se libérer de l'auto solo au quotidien. Moins d'embouteillages et pas de problèmes de stationnements, plus de pertes de temps aux ateliers de réparation, et une économie d'argent substantielle.

Pour compléter ce survol de l'industrie québécoise des véhicules écologiques, voici quelques projets, groupes et centres universitaires de recherche ou forums d'échange qui interagissent avec l'industrie et le milieu de la mobilité durable :

- École de Technologie supérieure (ETS) : [Projet Éclipse](#) de voiture électrique solaire,
- École Polytechnique de Montréal : [Projet Esteban](#) de voiture électrique solaire,
- Université Concordia: [Power Electronics and Energy Research Group](#) (PEER),
- Université de Montréal : [Équipe de recherche en matériaux énergétiques](#) (batteries),
- Université de Sherbrooke : [Projet Phoebus](#) pour construire une voiture électrique, [Chaire de recherche industrielle en éthanol cellulosique et en biocarburants de seconde génération](#),
- Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) : [Centre universitaire de recherche sur l'aluminium](#) (CURAL),
- Université du Québec à Montréal (UQAM) : [Forum Urba 2015](#),
- Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) : [Institut de recherche sur l'hydrogène](#),
- Université Laval : [Projet PHEV Québec](#) de Prius branchables,
- Université McGill : [McGill Transport Group](#) (MTG),
- Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport ([CIRRELT](#)).

### 3.2.2 L'industrie canadienne des véhicules écologiques (à l'exclusion du Québec): un survol

Le présent document étant dédié principalement à l'élaboration d'une politique québécoise de l'électrification des transports, nous soulignerons les principaux intervenants seulement pour le survol de l'industrie dans le reste du Canada.

Bien sûr, le principal intervenant canadien à l'extérieur du Québec est la compagnie multinationale [Magna](#), un grand fournisseur automobile dont le siège social est à Aurora en Ontario. Magna travaille en étroite collaboration avec Ford pour la mise au point de la Focus électrique, qui devrait sortir en 2011. La compagnie a envoyé un signal clair de son intention de s'impliquer de plus en plus en mobilité électrique avec l'annonce, en mars 2010, de la formation d'une nouvelle division, [Magna E-Car Systems](#).

La compagnie [Azure Dynamics](#), de la Colombie britannique, est un autre joueur important dans l'industrie canadienne des véhicules écologiques. Cette firme se spécialise dans les groupes de traction hybrides et électriques qu'elle intègre à des châssis de véhicules existants, principalement des camions de livraison urbains et des navettes de passager. C'est Azure Dynamics qui fournit le groupe de traction de la fourgonnette Transit Connect de Ford, un nouveau véhicule électrique à batterie commercialisé en 2010.

[Motives Industries](#) d'Alberta se spécialise dans le design avec les nouveaux matériaux, en particulier de véhicules électriques. Leur portfolio comprend une participation au design de l'Aptera de même que du Alias de Zap, deux véhicules électriques à trois roues et deux passagers. Ils ont également réalisé le design du [T3 Series ESV](#), un transporteur personnel électrique à trois roues dédié aux forces policières, commercialisé par T3 Motion.

Les véhicules écologiques à trois roues semblent prendre un essor considérable, du fait qu'ils sont plus légers, qu'ils présentent moins de résistance au roulement, et que leur aérodynamisme peut être plus poussé, car l'arrière de ces véhicules est plus étroit. Le résultat est qu'ils consomment moins d'énergie qu'un véhicule à quatre roues et nécessitent une plus petite batterie. La compagnie [Future Vehicle Technologies](#) (FTV) de Vancouver mise sur ces avantages pour commercialiser un véhicule hybride branchable à trois roues, le eVaro, qui participe au X-Prize pour les véhicules automobiles à faible consommation.

[Inertia Engineering + Design](#) est une firme de Toronto, se spécialisant dans le design mécanique et la simulation par éléments finis, avec un bon bagage dans la conception de camions de livraisons électriques efficients. Ils ont, en effet, été retenus par [Unicell](#), un fabricant torontois de châssis de camions, pour la conception et l'assistance à la réalisation d'un camion électrique de livraison pour Purolator, mis à l'essai en 2008.

Deux autres compagnies ontariennes, [eMileage](#) et [EnerMotion](#), se spécialisent dans la conversion de véhicules hybrides usagés en véhicules hybrides branchables.

La firme [PowerUp Systems](#) de Colombie-Britannique commercialise, pour sa part, des stations de recharge pour véhicules électriques.

Dans le domaine des batteries Li-ion, trois compagnies canadiennes, à l'extérieur du Québec, les développent et les commercialisent. [Electrovaya](#) de Mississauga a mis sur le marché une batterie Li-ion SuperPolymer à haute densité d'énergie. Cette compagnie ontarienne va fournir les batteries pour 140 camions Dodge Ram hybrides branchables que s'appête à produire Chrysler, d'ici 2013. Par ailleurs, la compagnie [Advanced Lithium Power](#) (ALP) de Vancouver se spécialise dans les systèmes de gestion de batteries. En utilisant des logiciels de contrôle avancés d'optimisation des performances de recharge et de décharge d'un ensemble de cellules, leur système de stockage d'énergie permet ainsi de tirer le maximum de performance,

de sécurité et de durabilité des batteries Li-ion. ALP a établi un partenariat avec [E-One Moli Energy](#), un important fabricant de batteries Li-ion, implanté à Maple Ridge en Colombie-Britannique.

Également en Colombie-Britannique, on retrouve la compagnie [Toxco](#), qui recycle depuis 1984 toutes sortes de batteries, dont les batteries au lithium. C'est un maillon important pour développer les futures technologies d'électrification des transports de façon durable.

En ce qui concerne les transports collectifs, la compagnie [New Flyer](#) de Winnipeg au Manitoba fabrique des autobus diesel, hybrides, et au gaz naturel, de divers gabarits.

On retrouve également à Winnipeg le [Centre for Sustainable Transportation](#), une organisation à but non lucratif de l'Université de Winnipeg, qui s'implique à favoriser de meilleures façons de déplacer les personnes et les marchandises, en diminuant les émissions. On y élabore différentes études et projets, touchant, notamment, à l'écoconduite, à l'intégration harmonieuse du vélo dans les espaces urbains, de même qu'à la réduction de carburants des camions lourds via différentes technologies installées sur les camions existants.

[Ballard Power](#), en Colombie-Britannique, un pionnier mondial des piles à combustible à hydrogène, en fabrique présentement pour certains autobus prototypes dont ceux des jeux Olympiques de 2010 à Vancouver. Les piles à combustible Ballard sont utilisées également pour des véhicules de manutention de marchandise en entrepôt, ou en espaces clos.

Dans le domaine des biocarburants, mentionnons les compagnies : [Biofuel Canada](#), (biodiesel, en Alberta), [Bioversel](#) (biodiesel, en Ontario), [Biox](#) (biodiesel, en Ontario), [Canadian Bioenergy](#) (biodiesel, en Colombie-Britannique), [GreenField Ethanol](#) (éthanol, en Ontario), [logen](#) (éthanol cellulosique, en Ontario), [Novozymes](#) (enzymes, en Saskatchewan), et [Ensyn](#), (biohuile, en Ontario).

Enfin, [Auto21](#), une initiative de recherche nationale appuyée par le Gouvernement du Canada, gère la R&D universitaire canadienne orientée vers les véhicules automobiles. Auto21 regroupe 45 universités associées à 150 partenaires de l'industrie et du gouvernement, et finance présentement 39 projets de recherche avec un budget annuel de 11 M\$.

### 3.3 Les politiques incitatives dans différents pays

Pratiquement tous les pays sont conscients maintenant de l'urgence de diminuer notre consommation de pétrole. C'est devenu une question de sécurité nationale, d'économie et d'environnement. Le transport étant le secteur qui consomme le plus de pétrole, plusieurs pays ont commencé à mettre en place des politiques et à investir pour aider l'industrie automobile, l'industrie des transports collectifs, et les consommateurs à prendre le virage des transports écologiques, le plus tôt possible.

L'aide gouvernementale est essentielle au début, et elle implique de déboursier des sommes d'argent considérables, dans un contexte économique qui risque de se dégrader rapidement, avec l'augmentation imminente du prix du pétrole. De plus, les sommes d'argent requises vont devoir être perçues souvent par des mesures fiscales déplaisantes pour ceux qui voudraient maintenir le statu quo. Aussi, les politiques et investissements se doivent de cibler les projets qui vont maximiser la diminution de consommation du pétrole, rapidement. Ce n'est certainement pas le temps d'investir des sommes faramineuses dans des projets dont les impacts pour notre indépendance énergétique seraient marginaux.

Dans la présente section, nous passerons en revue les politiques incitatives aux États-Unis, dans quelques pays d'Europe et pour le Canada, afin d'en tirer un éclairage utile à la mise en place de nos propres politiques au Québec.

### 3.3.1 Les politiques incitatives aux États-Unis

#### *Le gouvernement fédéral*

Le Président Obama a fixé un objectif très ambitieux de mettre sur les routes des États-Unis 1 000 000 de véhicules branchables (hybrides branchables ou tout électriques) d'ici 2015. Afin d'y arriver, plusieurs mesures ont été mises en place et leur financement fait partie du «*American Recovery and Reinvestment Act*» (ARRA)<sup>85</sup>. Cette loi, entrée en force le 17 février 2009, alloue 787 milliards de dollars à la relance de l'économie étasunienne, dont une bonne partie pour l'énergie renouvelable et la transformation du secteur des transports.

Pour le plus long terme, deux organismes ont présenté des feuilles de route pour l'électrification des transports : Google en 2008, et l'*Electrification coalition* en 2009.

La proposition de Google, intitulée *Clean Energy 2030*<sup>86</sup>, suggère des ventes de 3,2 millions de véhicules légers branchables en 2020 aux États-Unis, représentant 20 % des ventes annuelles, et 16,5 millions en 2030, représentant 90 % des ventes annuelles. Pour ce qui est du pourcentage de pénétration de la flotte de véhicules légers, il serait de 4,4 % en 2020 et 41 % de la flotte en 2030. Notons qu'il y a présentement environ 250 millions de véhicules légers aux États-Unis, et que l'étude de Google en prévoit 300 millions en 2030. Par ailleurs, pour arriver à un taux de pénétration de 41 % en 2030, Google suppose que les vieux véhicules vont devoir être retirés de la circulation plus vite que présentement, via différents incitatifs. Enfin, selon Google, 70 % de ces véhicules seraient des véhicules hybrides branchables, et 30 % des véhicules tout électriques, en 2030.

L'*Electrification Coalition*, un regroupement de fabricants de voitures tout électriques, d'énergéticiens, de fabricants de batteries et de postes de recharge, a publié, en 2009, une feuille de route pour l'électrification des transports aux États-Unis, intitulée *Electrification Roadmap – Revolutionizing Transportation and Achieving Energy Security*<sup>87</sup>. Le principal objectif proposé est qu'en 2040 75 % des kilomètres parcourus par les véhicules légers de ce pays soient des « kilomètres électriques ». Pour y arriver, la coalition mentionne qu'il faudrait que les ventes annuelles de véhicules branchables atteignent 25 % des véhicules légers en 2020, et 90 % en 2030, ce qui conduirait à un taux de pénétration du parc de véhicules légers de 5,3 % en 2020, et de 42 % en 2030. Pour ce qui est de la répartition des technologies, la coalition prévoit un rapport inverse à celui de Google, en 2030, soit 70 % de véhicules tout électriques et 30 % de véhicules hybrides branchables. Toutefois, il est important de noter que les membres de l'*Electrification Coalition* ont des intérêts très près des véhicules tout électriques, et que leur vision des choses n'est pas indépendante.

Par ailleurs, la « décarbonisation » des transports routiers ne passe pas uniquement par l'électrification des véhicules personnels. Toute politique véritable de réduction de consommation de pétrole doit également considérer une augmentation des transports collectifs et des changements dans les transports des marchandises.

---

<sup>85</sup> Voir le site Internet dédié au ARRA à [www.recovery.gov](http://www.recovery.gov).

<sup>86</sup> Jeffery Greenblatt (Google.org), *Clean Energy 2030*, novembre 2008, publié en ligne à <http://knol.google.com/k/clean-energy-2030#>

<sup>87</sup> Electrification Coalition, Securing America's Future Energy, et PRTM Management Consultants, *Electrification Roadmap – Revolutionizing Transportation and Achieving Energy Security*, nov. 2009. Téléchargement à [www.electrificationcoalition.org](http://www.electrificationcoalition.org).

Regardons quelles mesures concrètes l'administration Obama a mises de l'avant pour l'ensemble des transports de personnes et de marchandises aux États-Unis.

Le 14 juillet 2010, le Département de l'énergie (DoE) publiait [un bilan sommaire](#) des actions prises dans ce département depuis 2009, en relation avec le American Recovery and Reinvestment Act (ARRA), pour transformer le secteur des transports<sup>88</sup>. Selon ce bilan, 5 milliards de dollars (5 G\$) sont déjà sortis des coffres du gouvernement fédéral pour l'électrification des transports. Pour les informations détaillées du DoE, on peut consulter les communiqués de la section NEWS du site du DoE à [www.energy.gov/news/releases.htm](http://www.energy.gov/news/releases.htm).

Par ailleurs, le Département des Transports (DoT) publie régulièrement [un bilan de ses actions reliées au ARRA](#), pour diminuer la consommation de pétrole dans les transports<sup>89</sup>. Selon le rapport du deuxième trimestre 2010, 9,3 G\$ sont déjà engagés pour les chemins de fer et 8,4 G\$ sont attribués pour la modernisation et l'augmentation des transports collectifs urbains et périurbains, représentant la quasi-totalité des budgets prévus dans le ARRA. Pour les informations détaillées du DoT, on peut consulter les communiqués de la section NEWS du site du DoT à [www.dot.gov/affaires/archives.htm](http://www.dot.gov/affaires/archives.htm).

Les nouvelles (News) du Bureau de l'Efficacité Énergétique et de l'Énergie Renouvelable (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, EERE) constituent une des meilleures sources d'informations concernant les actions diverses des différents départements et organismes gouvernementaux étatsuniens, en relation avec l'énergie et le transport. Pour y accéder, il suffit d'aller à [www.eere.energy.gov/news](http://www.eere.energy.gov/news).

#### *Aide aux fabricants de véhicules, de batteries et de composants*

Selon [le bilan du DoE publié le 14 juillet 2010](#), 2,6 G\$ ont été engagés sous forme de prêts à trois compagnies, Nissan, Tesla, et Fisker pour démarrer de nouvelles usines de production de voitures électriques et hybrides branchables. Et, 2,4 G\$ ont été accordés en subventions aux entreprises, qui doivent mettre de leurs poches au moins 1 \$ pour chaque 1 \$ de subvention. Les subventions seront utilisées pour mettre en place 30 usines de fabrication de batteries ou de composants spécialisés (2 G,\$) et pour supporter des projets d'envergure de démonstration de véhicules électriques (0,4 G\$). Le DoE estime que grâce à ces investissements, les États-Unis vont pouvoir produire annuellement 500 000 véhicules à motorisation électrique (hybrides branchables ou tout électriques) en 2015.

Par ailleurs, selon le bilan du DoE, en investissant massivement dans le secteur des batteries, les États-Unis pourraient produire 40 % des batteries pour véhicules d'ici 2015, alors qu'il n'en produisait que 2 % en 2009. Toujours selon le DoE, ces investissements pourraient faire baisser le coût des batteries d'un facteur 2 d'ici la fin 2013, et possiblement d'un facteur 3 d'ici 2015, sans compter que le perfectionnement des batteries devrait prolonger leur durée de vie à 14 ans vers 2015, soit la durée de vie des véhicules.

---

<sup>88</sup> DoE, *The Recovery Act: Transforming America's Transportation Sector, Batteries and Electric Vehicles*, 14 juillet 2010. Téléchargement à [www.energy.gov/news/9212.htm](http://www.energy.gov/news/9212.htm).

<sup>89</sup> DoT, *America Recovery and Reinvestment Act 2009 Agency and Program Plans Update, Second Quarter 2010*, juillet 2010. Téléchargement à [www.dot.gov/recovery](http://www.dot.gov/recovery).

### *Les infrastructures de recharge*

Le bilan du DoE nous apprend également que les projets de déploiement de véhicules électriques, dont le projet [EV Project](http://www.theevproject.com) ([www.theevproject.com](http://www.theevproject.com)), prévoient l'installation de 20 000 postes de recharge (dont plus de 50 % aux résidences) dans plus d'une douzaine de villes d'ici 2013, pour 13 000 véhicules branchables. Ces projets mettront sur les routes 4 700 Chevrolet Volt de GM (voiture hybride branchable) et 5 700 Leaf de Nissan (voiture électrique à batterie). Le but est de mettre à l'essai les véhicules et les bornes de recharge dans des conditions réelles d'utilisation et de température, afin d'en tirer des leçons pour la suite, tout en contribuant aux achats initiaux de véhicules.

### *Les crédits d'impôt sur l'achat de véhicules légers à quatre roues ou plus*

Par ailleurs, le gouvernement fédéral accorde un crédit d'impôt pouvant aller jusqu'à 7 500 \$ à l'achat d'un véhicule léger (< 14 000 lbs, < 6 350 kg) qu'on peut recharger sur le réseau. Les détails sont disponibles à [www.energy.gov/recovery/taxbreaks.htm](http://www.energy.gov/recovery/taxbreaks.htm), dans une note explicative sur le site du DoE. Les véhicules éligibles doivent avoir une batterie d'une capacité minimale de 4 kWh, ce qui donne droit à un crédit de 2 500 \$. Ensuite, pour chaque kWh supplémentaire de capacité pour la batterie, le crédit augmente de 417 \$, jusqu'à concurrence de 5 000 \$ additionnels, pour un total de 7 500 \$ maximum. Ainsi, une Chevrolet Volt (batterie de 16 kWh), une iMiev (batterie de 16 kWh) et une Leaf (batterie de 24 kWh) auront toutes les trois droit au maximum de crédit d'impôt, soit 7 500 \$. Ces crédits d'impôt sont applicables à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2010 et seront réduits graduellement jusqu'à zéro dans l'année après qu'un fabricant ait vendu 200 000 véhicules branchables aux États-Unis. On apprend également dans la note du DoE que les crédits d'impôt pour les véhicules hybrides ordinaires ne sont plus disponibles depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2010.

Les crédits d'impôt pour véhicules branchables, et ceux décrits ci-dessous vont vraisemblablement permettre de réduire le coût d'achat de 1 à 2 millions de véhicules, ce qui correspond à une contribution gouvernementale de l'ordre de 5 à 10 G\$, à terme.

### *Les crédits d'impôt sur l'achat de véhicules à 2 et 3 roues et de véhicules à basse vitesse*

Les véhicules électriques à basse vitesse munis de 4 roues, dont la vitesse est limitée à 40 km/h, peuvent bénéficier d'un crédit d'impôt correspondant à 10 % du coût d'achat du véhicule, jusqu'à un maximum de 2 500 \$, si la batterie a une capacité minimale de 4 kWh. Les détails sont donnés dans la [note explicative mentionnée à la rubrique précédente](#). Les véhicules à deux et trois roues qui se propulsent à partir d'une batterie rechargeable sur le réseau, dont la capacité est supérieure à 2,5 kWh, peuvent également bénéficier d'un crédit d'impôt correspondant à 10 % du coût du véhicule, jusqu'à un maximum de 2 500 \$, selon cette note. Ces crédits d'impôt sont valables pour les véhicules achetés après le 17 février 2009 et avant le 1<sup>er</sup> janvier 2012.

### *Les crédits d'impôt pour les conversions en véhicules à motorisation électrique*

Les conversions de véhicules traditionnels ou hybrides non branchables en véhicules branchables à motorisation électrique peuvent également bénéficier d'un crédit d'impôt correspondant à 10 % du coût de la conversion, jusqu'à un maximum de 4 000 \$. Les conversions devront être effectuées après le 17 février 2009 et avant le 1<sup>er</sup> janvier 2012. Voir la [note du DoE à cet effet](#).

### *Déploiement de véhicules à faible consommation et à carburants alternatifs*

[Le 26 août 2009, le DoE annonçait](#) des subventions totalisant près de 300 M\$ pour déployer plus de 9 000 véhicules à faible consommation et à carburants alternatifs, ainsi que 542 stations pour faire le plein des divers carburants alternatifs (gaz naturel comprimé, gaz naturel liquéfié, Biogaz, propane, éthanol E85, biodiesel B20). Les véhicules sont principalement des camions, des autobus scolaires et des taxis.

### *R&D pour diminuer la consommation de carburant des véhicules traditionnels*

[Le 11 janvier 2010, le DoE](#) annonçait 187 M\$ de subventions dédiées à la recherche pour diminuer la consommation des véhicules, en bonne partie pour les camions lourds semi-remorques. Les technologies développées pour les poids lourds ont trait à l'aérodynamique, la récupération de la chaleur perdue dans l'échappement, l'efficacité de la combustion, la réduction du ralenti via des générateurs embarqués, l'hybridation, la réduction de la résistance au roulement. Pour les véhicules plus légers, on va développer, entre autres, des moteurs à volume réduit (downsizing), avec turbocompression et injection directe.

### *R&D sur les biocarburants et les carburants synthétiques avancés*

Le 4 décembre 2009, le DoE annonçait [l'attribution de plus de 600 millions de dollars \(M\\$\) en R&D sur les biocarburants avancés](#) (excluant l'éthanol fait à partir du maïs), qui seront employés principalement à mettre en place 19 projets de bioraffineries. Les industries qui recevront des subventions vont injecter de leurs poches 700 M\$, pour un total de 1,3 G\$.

Dans son communiqué de presse, le DoE, conjointement avec le Département de l'agriculture mentionne en particulier la subvention de 54,5 M\$ pour Sapphire Energy afin de démontrer un projet intégré de production de biocarburants très similaires aux carburants pétroliers. Ces « biocarburants pétroliers » sont produits à partir d'algues spéciales qui vont synthétiser des molécules organiques similaires à celles du pétrole brut. Ce « pétrole brut algal » peut ensuite être raffiné dans une raffinerie traditionnelle. C'est ce qu'on appelle dans le jargon technique anglophone des « drop-in fuels ». Les deux principaux avantages sont : premièrement de ne pas requérir de modifications aux véhicules actuels ni aux infrastructures de distribution de carburants, et deuxièmement d'offrir 50 % plus d'énergie par litre de carburant que l'éthanol.

Par ailleurs, le 22 juillet 2010, [le DoE annonçait l'octroi d'une subvention de 122 M\\$](#) pour la mise en place et le financement sur 5 ans d'un Centre d'excellence dont le mandat est de développer des « carburants solaires », directement à partir de l'énergie solaire, du CO<sub>2</sub> et de l'eau, sans avoir à passer par une raffinerie.

### *Transports collectifs urbains*

Dans le bilan du DoT relatif aux investissements du ARRA, mis à jour au deuxième trimestre 2010, le DoT mentionne des subventions de 1,5 G\$ pour les transports collectifs urbains en site propre (trains de banlieue, tramway, busway, et trolleybus). La moitié de ce montant est dédié à de nouveaux systèmes en site propre, et l'autre moitié servira à mettre à niveau les systèmes existants.

Par ailleurs, dans ce bilan du DoT, on apprend que des subventions totalisant 6,9 G\$ ont été attribuées aux différentes sociétés de transport, pour supporter l'expansion des transports collectifs, principalement par autobus, ainsi que le remplacement de véhicules diesel anciens par de nouveaux véhicules à plus faible consommation, dont les autobus hybrides.

### *Transports collectifs interurbains*

Pour ce qui est des transports collectifs interurbains, le bilan du DoT, sur les projets financés par le ARRA, nous apprend qu'un budget de 8 G\$ a été alloué pour jeter les bases d'un futur réseau de trains à grande vitesse, via des études préliminaires.

Par ailleurs, des sommes totalisant 1,3 G\$ vont permettre d'améliorer et d'étendre le système ferroviaire existant de transport des passagers.

### *Mise en perspective des investissements*

Les subventions du American Recovery and Reinvestment Act (ARRA) pour la transformation des transports routiers aux États-Unis totalisent donc de 27 à 32 G\$, sans compter les prêts garantis. De ce montant, les crédits d'impôt pour les véhicules branchables sur le réseau pourraient injecter jusqu'à 10 G\$ environ dans l'industrie automobile, et devraient permettre de réduire le coût d'achat de possiblement deux millions de véhicules, à raison d'une limite de 200 000 véhicules par fabricant. Pour mettre ces chiffres en perspective, il faut se rappeler que le parc de véhicules légers aux États-Unis comporte approximativement 250 millions de véhicules. Ainsi, c'est vraisemblablement moins de 1 % du renouvellement de ce parc qui serait subventionné.

Par ailleurs, le financement des transports collectifs est respectable, puisqu'il totalise près de 18 G\$. Aux fins de comparaison, le budget alloué par le ARRA pour la réfection et l'accroissement des infrastructures routières s'élève à 27,5 G\$.

L'effort important mis sur les biocarburants de deuxième génération, près de 800 millions de dollars, devrait faire progresser rapidement ce secteur.

Enfin, il faut garder à l'esprit qu'il faudra investir beaucoup plus d'ici 2030. Un réseau de trains à grande vitesse reliant les principales grandes villes du pays, pourrait coûter quelques centaines de milliards de dollars. L'implantation de bioraffineries à l'échelle commerciale partout dans le pays coûtera très cher également. Et, le développement massif du transport collectif urbain aura besoin de beaucoup plus que quelques milliards de dollars pour doter les grandes villes étasuniennes de transports écologiques en sites propres (trains de banlieue, tramway, busways) ou dans les rues (trolleybus, autobus électriques biberonnés).

Mais, malgré les montants considérables requis par ces transformations, il ne faut pas oublier que les États-Unis ont importé 4,3 milliards de barils de produits pétroliers en 2009 (voir le site de l'EIA [www.eia.doe.gov/oil\\_gas/petroleum/info\\_glance/petroleum.html](http://www.eia.doe.gov/oil_gas/petroleum/info_glance/petroleum.html)), correspondant à une fuite de capitaux à l'extérieur du pays de 300 milliards de dollars annuellement, lorsque le baril de pétrole se transige à 70 \$. Or, ce 300 G\$ pourrait passer rapidement à 500 G\$ et plus par année, ce qui justifie amplement d'investir dans l'indépendance énergétique.

Mentionnons, en terminant, que le gouvernement des États-Unis n'a pas encore de plan à long terme, donnant des objectifs fermes pour 2020 et 2030.

## La Californie

Certains États, dont la Californie, ajoutent leur contribution pour favoriser la pénétration des véhicules à motorisation électrique, branchables sur le réseau. C'est ainsi qu'on retrouve en Californie le [Clean vehicle rebate project](#) (CVRP) qui subventionne, depuis le 15 mars 2010, un rabais sur l'achat ou la location de ces véhicules (voir le site du *Center for Sustainable Energy* à <http://energycenter.org>). Les motocyclettes électriques ont droit à 1 500 \$ de rabais, les voitures électriques et les voitures à pile à combustible à 5 000 \$, et les camions électriques à 20 000 \$.

Le budget 2010-2011 de 4,1 M\$ du CVRP est très limité toutefois, et ne s'applique qu'à moins de 1 000 véhicules, alors que le parc de véhicules légers de la Californie comportait 26 millions de véhicules en 2 000, pour une population de 34 millions d'habitants.

### 3.3.2 Les politiques incitatives en Europe

#### La France

Les actions de la France pour diminuer sa dépendance au pétrole ont pris forme lors du Grenelle Environnement (GrEn) de 2007. Cet événement a rassemblé l'État, les collectivités locales, les entreprises, les syndicats et les groupes environnementaux, du jamais vu en France. Le thème principal de ce Grenelle était la réduction des gaz à effet de serre (GES), pour contrer le changement climatique, et du même coup aligner les grands secteurs d'activité vers un développement durable, tout en stimulant la prospérité économique. Le consensus a été de réduire les GES de la France de 20 % par rapport à 1990.

Les trois grands axes d'action pour le transport qui en sont découlés sont

- l'augmentation du transport collectif,
- le transfert modal du transport de marchandises routier et aérien,
- favoriser la faible consommation et l'électrification des véhicules.

Les informations présentées ci-dessous, pour la France, se retrouvent sur deux sites Internet : le site du Grenelle Environnement ([www.legrenelle-environnement.fr](http://www.legrenelle-environnement.fr)), et le site du ministère du Développement durable ([www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)). Le document *Rapport annuel au Parlement sur la mise en œuvre des engagements du Grenelle Environnement*, publié le 10 octobre 2009 par le Ministère de l'Écologie de l'Énergie du Développement durable et de la Mer, est particulièrement intéressant (téléchargement à [www.legrenelle-environnement.fr](http://www.legrenelle-environnement.fr)).

#### *L'augmentation des transports collectifs*

Selon le GrEn, il est prévu d'ajouter 1 500 km de lignes nouvelles de transport collectif urbain en site propre (métro, tramway, busway), en dehors de l'Île de France, d'ici 2020. C'est presque 5 fois plus que les lignes existantes en 2007 (329 km). Le coût total estimé est de 18 milliards d'euros (18 G€), dont 2,5 G€ proviendront de l'État, et 14,4 G€ des collectivités locales. À ces projets s'ajoutent ceux de l'Île de France, qui n'ont pas été chiffrés.

Pour le transport collectif interurbain, le GrEn stipule qu'on mettra en chantier 2 000 km de nouvelles lignes TGV, d'ici 2020, pour un budget estimé de 53 G€, dont 16 G€ seront avancés par l'État et 16 G€ par les collectivités locales. On prévoit donc doubler les lignes de TGV en France puisqu'il y a présentement près de 1 900 km de voies à grande vitesse.

### *Le transfert modal du transport routier et aérien des marchandises*

Dans le cadre du GrEn, le gouvernement français a annoncé en octobre 2009 des investissements de 7 G€, d'ici 2020, pour [développer le fret ferroviaire](#) et faire passer la part modale du transport des marchandises non routier et non aérien de 14 % à 25 % d'ici 2022. À cette fin, il est prévu de mettre en place des autoroutes ferroviaires pour transporter les remorques des camions lourds, d'améliorer les interfaces avec les ports de mer, et de désengorger certaines zones par le contournement de villes très achalandées.

Il est également prévu de mettre en place des autoroutes maritimes pour transporter les camions par bateaux de la France vers l'Espagne et le Portugal. Une telle autoroute maritime existe déjà entre Rome et Toulon. Pour ce faire, des investissements seront faits dans les ports, pour les aménager correctement.

Par ailleurs, la France possède un réseau de 4 100 km de réseau maritime intérieur utilisé pour le transport de marchandises (fleuves et canaux). Le GrEn prévoit restaurer et moderniser ce réseau et aménager d'autres canaux pour le transport de marchandises, afin de contribuer à atteindre le 25 % du transport de marchandises en dehors des routes et des aéroports.

Enfin, pour inciter les entreprises à considérer un transfert modal, et selon les conclusions du GrEn, la France instaurera une éco-redevance kilométrique qui vise à faire payer aux poids lourds (> 3,5 tonnes) l'usage du réseau routier national interurbain offrant des débits de véhicules conséquents. Ceci, en plus des autoroutes où l'on retrouve déjà un péage. De manière à ne pas ralentir le trafic, les véhicules seront équipés d'un transpondeur approprié et des bornes de captation télémétriques seront disposées le long des routes. Les conducteurs n'auront donc pas à s'arrêter. De plus, la tarification sera modulée en fonction de la consommation de carburant des véhicules, mais elle n'est pas encore fixée.

### *Le système de bonus malus pour l'achat de véhicules neufs*

[Le système bonus malus](#) est l'une des premières mesures issues du GrEn en décembre 2007. Ce système récompense les acheteurs de véhicules à faibles émissions de CO<sub>2</sub> par un bonus et pénalise ceux qui achètent des véhicules plus polluants. En principe, les bonus sont financés par les malus.

Le bonus est un rabais payable à l'achat du véhicule, donc pas un crédit d'impôt, et le malus doit être déboursé lors de l'achat également. La grille des montants est donnée dans le tableau 7, ci-dessous.

De plus, si un acheteur de véhicule émettant moins de 155 g CO<sub>2</sub>/km donne en échange un véhicule de 10 ans et plus, il a droit au «super-bonus» ou prime à la casse de 500 euros.

Le système bonus malus s'applique depuis le 5 décembre 2007 et a été confirmé jusqu'en 2012. Un fait important à noter est qu'une voiture hybride branchable comme la Chevrolet Volt ou son pendant européen l'Ampera de Opel auront droit au maximum de bonus, autant qu'une voiture tout électrique, comme la Leaf de Nissan, la iMiev de Mitsubishi, ou la Fluence de Renault.

**TABLEAU 7 : SYSTEME DE BONUS MALUS FRANÇAIS**

TAUX DE CO2/KM	MONTANT DU BONUS EN 2010	MONTANT DU MALUS EN 2010
Moins de 60 g CO2/km	5 000 €	
De 61 à 95 g CO2/km	1 000 €	
De 96 à 115 g CO2/km	500 €	
De 116 à 125 g CO2/km	100 €	
De 126 à 155 g CO2/km	0 €	0 €
De 156 à 160 g CO2/km		200 €
De 161 à 195 g CO2/km		750 €
De 196 à 245 g CO2/km		1 600 €
Plus de 245 g CO2/km		2 600 €

Enfin, les véhicules hybrides dont les émissions sont inférieures à 135 g CO2/km et les véhicules fonctionnant au gaz naturel ou au propane peuvent bénéficier d'un bonus de 2 000 €.

#### *Déploiement des véhicules électriques*

De manière à favoriser la pénétration des véhicules tout électriques et hybrides branchables, une charte a été signée, en avril 2010, entre les fabricants automobiles français, l'État français et douze collectivités de France (Bordeaux, Grenoble, Rennes, Nice, Angoulême, Pays d'Aix-en-Provence, Orléans, Paris, Rouen, Strasbourg, Le Havre et le Grand Nancy).

Selon cette charte, les fabricants s'engagent à produire 60 000 véhicules électriques en 2011 et 2012, les collectivités à déployer des infrastructures de recharge, et l'État à coordonner le projet et à le financer partiellement, selon des modalités à préciser dans un livre vert qui sera publié en octobre 2010. Mais, en septembre 2009, le gouvernement parlait de la possibilité de financer à la hauteur de 900 millions d'euros ce projet estimé à 1,5 G€.

De plus, l'État français s'est engagé à mettre en œuvre des achats regroupés de véhicules électriques pour remplir un carnet de commandes de 100 000 véhicules d'ici 2015. Déjà, une commande regroupée de 50 000 véhicules électriques a été annoncée en avril 2010. C'est un regroupement d'une vingtaine d'institutions comme La Poste, EDF et France Telecom, et de grandes sociétés privées telles que AREVA et GDF-Suez qui en est le donneur d'ordre.

#### *R&D pour mettre au point les véhicules écologiques*

Une autre mesure phare du GrEn consiste à investir en recherche et développement sur les technologies de véhicules décarbonés. Dans cette optique, [11 projets de recherche](#) ont été choisis et vont être financés par l'État pour un montant total de 57 millions d'euros. D'autres projets devraient suivre et leur financement prévu est de 50 millions d'euros, pour un total de 107 M€.

Parmi les 11 projets choisis, on en retrouve deux avec Renault et Michelin pour mettre au point deux véhicules électriques avec les ActiveWheel de Michelin, qui intègrent la motorisation, la direction et la suspension dans les roues. Un projet consiste à

démontrer à une échelle significative une flotte expérimentale de voitures hybrides branchables (des Prius branchables) avec une infrastructure de recharge innovante. PSA Peugeot-Citroën pilotera un projet de développement d'un véhicule hybride branchable français, pour lequel, d'ailleurs, il s'est vu [octroyer un prêt de 200 millions d'euros](#) de la Banque européenne d'investissement. Renault Truck, de son côté développera un camion hybride branchable. Deux autres projets sont dédiés au développement de deux véhicules électriques quadricycles légers, conçus pour la circulation urbaine. Mentionnons également deux projets d'autobus, dont l'un proposé par Irisbus, le CEA et EDF consiste à développer deux bus électriques, et l'autre projet proposé par PVI développera un autobus électrique biberonné.

### *R&D pour mettre au point les biocarburants de deuxième génération*

Le GrEn a mis sur pied un fond de soutien aux projets industriels de démonstration technologique en énergie durable, dont les biocarburants de deuxième génération (2G). Ce fond de 325 millions d'euros sur 4 ans a été confié à [l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie](#) (ADEME). L'un des projets sélectionnés, en octobre 2009, est le projet [Biotfuel](#) pour développer une unité de démonstration afin de fabriquer du « biodiesel 2G » pour les voitures et du « biokérozène 2 G » pour les avions, à partir d'un procédé thermo-chimique de gazéification de la biomasse. Les partenaires sont la pétrolière Total, l'Institut français du pétrole (IFP), le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et Sofiproteol. Le projet de 112 millions d'euros (112 M€) sera subventionné à la hauteur de 33 M€ (44 M\$ CAN), et devrait entrer en opération en 2012.

Par ailleurs, en 2008, le projet [Futuro1](#) pour le développement d'une filière française de production d'éthanol cellulosique de deuxième génération a également vu le jour, en s'inscrivant dans la dynamique du GrEn. Onze partenaires ont formé le consortium PROCETHOL 2G pour mener à terme ce projet de 8 ans qui vise à commercialiser de l'éthanol cellulosique à l'horizon 2015-2020. Le projet représente un investissement total de 74 M€, dont 30 M€ vont être subventionnés.

Le [projet GAYA](#) piloté par GDF Suez, et comportant 11 partenaires, est également financé par l'ADEME. Il s'agit de développer une filière préindustrielle de production de biométhane à partir de la gazéification thermo-chimique de la biomasse. C'est un projet de 7 ans qui démarre en 2010, avec un soutien de 18,9 M€ pour un investissement de 46,4 M€.

Au total, les trois projets subventionnés représentent des investissements de 232 M€ (303 M\$ US), soit environ l'équivalent de ce que les États-Unis investissent au prorata de leur population.

### *Mise en perspective des investissements*

Si on fait le compte des investissements engagés d'ici 2020 par l'État français, pour transformer les transports et diminuer la consommation de pétrole, on arrive approximativement à 27 milliards d'euros, soit 35 G\$ US (juillet 2010), en date de juillet 2010. C'est plus qu'aux États-Unis, pour une population cinq fois moins nombreuse répartie sur un territoire 12 fois plus petit. Toutefois, le gouvernement des États-Unis devrait ajouter du financement lorsqu'il aura établi son plan de transport à long terme.

Il est remarquable de voir la détermination de l'État français à augmenter le transport collectif et à diminuer le transport routier des marchandises. Pour ce qui est des véhicules personnels branchables sur le réseau, le gouvernement s'est engagé à contribuer via ses flottes et celles de grosses entreprises à acheter 100 000 véhicules électriques d'ici 2015, en plus de ceux achetés par les citoyens. On devrait donc s'attendre à voir sur les routes de France de 150 000 à 200 000 véhicules branchables en 2015, soit le même nombre par habitant que l'objectif du 1 000 000 de véhicules du président Obama, pour cette date.

Par ailleurs, il ne faudrait pas passer sous silence le fait qu'en achetant 50 000 véhicules tout électriques dans les deux prochaines années, l'État français favorise une technologie qui n'est pas la mieux adaptée d'ici 2030. Mais Renault et Pininfarina-Boloré s'étant engagés dans cette voie, on comprend que le gouvernement veut stimuler son industrie. Les véhicules hybrides branchables de PSA Peugeot-Citroën ne sortiront vraisemblablement pas des usines avant 2013. D'ici là, PSA va commercialiser des iMiev électriques de Mitsubishi sous d'autres noms (Peugeot iOn et Citroën C-Zero). Toutefois, comme son autonomie n'est que de 130 km, et que l'achat groupé des 50 000 véhicules stipule que l'autonomie doit être au moins de 150 km, on comprend qu'elle ne fera pas partie du lot.

On constate que la France s'engage également sur le sentier des biocarburants de deuxième génération, avec des investissements conséquents. [La filière hydrogène semble avoir été mise de côté pour le moment en France](#), comme aux États-Unis d'ailleurs, ce qui se comprend à la lueur de l'analyse que nous en avons faite dans le chapitre 2.

En terminant, notons que selon le «[Statistical Review of World Energy 2010](#)» par BP (voir [www.bp.com](http://www.bp.com)) la France a consommé 668 millions de barils de pétrole en 2009, dont elle a importé la quasi-totalité (plus de 98 %). À 70 \$ le baril, c'est donc une fuite de capitaux en dehors du territoire français de 46 milliards de dollars (35 milliards d'euros) par année. Il est intéressant également de savoir que les Français consomment 2 fois moins de pétrole par habitant que les États-Uniens. Rappelons qu'il y a 65 millions d'habitants en France, versus 315 millions aux États-Unis.

## L'Allemagne

L'Allemagne qui a consommé 883 millions de barils de pétrole en 2009 (voir [www.bp.com](http://www.bp.com)), pour 82 millions d'habitants, utilise un peu plus d'or noir par habitant que la France (5% de plus). Et puisque les Allemands importent plus de 90 % de leur pétrole, ils sont également très vulnérables face à une flambée des prix.

L'objectif du gouvernement fédéral allemand, qui a été énoncé en août 2009, est de mettre sur les routes allemandes 1 000 000 de véhicules à motorisation électrique et 500 000 véhicules à PAC-hydrogène d'ici 2020. Sachant qu'il y a près de 45 millions d'automobiles en Allemagne, ce nombre de véhicules écologiques correspond à 3,3 % du parc. Les grandes lignes du plan de transformation des transports dans ce pays sont décrites ci-dessous et disponibles en anglais sur le site du *Ministère fédéral du transport, des édifices et du développement urbain* à [www.bmv.de/en](http://www.bmv.de/en).

### *Favoriser la mobilité électrique,*

Les Allemands incluent dans la mobilité électrique les véhicules électriques à batterie, les véhicules hybrides branchables et les véhicules à PAC-hydrogène (PAC = pile à combustible). Pour favoriser la pénétration de ces technologies, l'Allemagne préconise les mesures suivantes.

- Mettre en place, dans différentes régions, des projets de démonstrations de véhicules électriques avec infrastructure de recharge, avec une assistance fédérale de 115 millions d'euros.
- Mettre sur pied un centre de développement et de tests pour les batteries, avec un appui financier du gouvernement de 500 millions d'euros d'ici 2011.
- Appuyer le développement de la technologie des PAC à hydrogène et la mise en place d'infrastructures pour faire le plein, avec un appui fédéral de 700 millions d'euros, d'ici 2016.

Curieusement, l'État allemand ne prévoit pas de rabais pour les citoyens lors de l'achat de véhicules à motorisation électrique. Les analystes pensent que c'est dû au retard d'environ deux ans de l'Allemagne pour les véhicules à motorisation électrique (les premiers véhicules électriques allemands devraient sortir à la fin 2012). Ainsi, l'État allemand ne financerait pas les véhicules en provenance d'autres pays, et possiblement qu'un rabais sera disponible à la sortie des véhicules à motorisation électrique allemands. Un plan plus détaillé sur l'avenir de la mobilité électrique dans ce pays devrait être disponible à la fin 2010.

L'appui important du gouvernement fédéral allemand pour les véhicules à PAC-hydrogène est plutôt surprenant, compte tenu des faits que nous avons exposés au chapitre 2. Mais, sachant que Daimler est l'un des leaders mondiaux de cette technologie et qu'elle y a beaucoup investi, on peut comprendre que l'Allemagne veuille aider son industrie. Mais, connaissant les problèmes de production et de distribution de l'hydrogène (chapitre 2), on est en droit de s'interroger sur la pertinence de ce choix, dans un contexte économique qui va être de plus en plus difficile. Par ailleurs, n'oublions pas qu'à courir trop de lièvres en même temps, il y a des risques associés.

### *Transfert modal du transport de marchandises*

L'Allemagne est très consciente de la problématique du transport des marchandises et, comme la France, prévoit réorienter le transport routier du fret vers le transport ferroviaire et le transport maritime, en stimulant le transport combiné. Sans donner d'objectifs chiffrés, le «[Freight Transport and Logistic Masterplan](#)», présenté en juillet 2008, prévoit augmenter les subventions fédérales de 65 millions d'euros par année à 115 millions d'euros, pour favoriser ce transfert modal. Par ailleurs, depuis 2005, [un système de péage automatisé a été mis en place pour les camions lourds](#) (>12 tonnes) sur les routes en Allemagne. Le tarif moyen est de 0,124 euro du kilomètre selon le ministère du transport. Ce système rapporte plus de 3 milliards d'euros par année à l'État, et sert à défrayer l'entretien des routes, dont la détérioration est en grande partie due aux poids lourds. Le système de péage agit également comme un incitatif pour stimuler le transfert modal.

### *Les biocarburants de deuxième génération*

Dans le «[Freight Transport and Logistic Masterplan](#)» allemand, on retrouve également comme objectif d'inclure dans les carburants 20 % de biocarburants en 2020, en mentionnant que l'emphase sera mise sur les biocarburants de deuxième génération. Ce pourcentage élevé pourrait rendre difficile un développement durable de cette filière.

### *Les transports collectifs*

Sur le site du Ministère des transports allemand, on note l'importance d'augmenter les transports collectifs, mais aucun plan n'a encore été présenté en juillet 2010. On y mentionne simplement que le gouvernement fédéral finance les transports collectifs locaux à la hauteur de 8,5 milliards d'euros annuellement. Par ailleurs, on ne retrouve pas non plus de plan d'expansion important pour les trains à grande vitesse.

## Le Royaume-Uni

Le Royaume-Uni a lui aussi fait connaître un plan d'aide au déploiement de véhicules à motorisation électrique, en avril 2009. Le document publié alors et intitulé *Ultra Low Carbon Vehicles in the UK* mentionne trois axes où l'État compte agir:

- un système de rabais aux acheteurs de ces véhicules,
- des projets de démonstration avec infrastructures de recharge,
- investir en R&D pour améliorer ces véhicules et en réduire le coût.

Les détails de ces interventions sont disponibles sur le site du Département des transports (Department for Transport, DfT) ([www.dft.gov.uk](http://www.dft.gov.uk)), au chapitre *Policy, guidance and research*, sous la rubrique *Sustainable travel*, à l'item [Office for Low Emission Vehicles](#). Par ailleurs, à la rubrique *Sustainable travel* on peut également télécharger le document *Low Carbon Transport: A Greener Future*, publié par le DfT en juillet 2009, et qui présente les grandes orientations que compte prendre le Royaume-Uni dans les transports en général, à moyen terme.

### Un rabais à l'achat de véhicules à motorisation électrique

Le rabais que compte offrir le Royaume-Uni, à compter du premier janvier 2011, pour l'achat d'un véhicule à motorisation électrique, diffère de celui de la France et des États-Unis. C'est **un rabais payable au moment de l'achat, pouvant aller jusqu'à 25 % de la valeur du véhicule, avec un maximum de 5 000 £ (8 070 \$ CAN en juillet 2010)**. Ce rabais devrait être en vigueur jusqu'au 31 mars 2014, avec possibilité de révision annuelle des montants, s'il y a lieu. Le rabais s'applique autant aux véhicules tout électriques, aux véhicules hybrides branchables qu'aux véhicules à PAC-hydrogène. Pour bénéficier du rabais, un véhicule hybride branchable doit avoir **une autonomie sur sa batterie de 16 km et plus, et n'émettre que 75 g CO<sub>2</sub>/km et moins, en moyenne**.

C'est donc dire qu'une Prius branchable, comme celles qui vont être commercialisées à la fin 2011 par Toyota, et dont l'autonomie en mode électrique est de 20 km sur une pleine charge, devrait être éligible pour un rabais de 5 000 £. En effet, on pourra la brancher chez soi et au travail, ce qui lui permet de parcourir 40 km par jour à l'électricité, alors que déjà la Prius 2010 non branchable émet moins de 100 g CO<sub>2</sub>/km.

Or, une voiture hybride branchable avec une petite batterie de 20 km d'autonomie coûte beaucoup moins cher qu'une voiture tout électrique dont l'autonomie est de 160 km, comme nous l'avons vu au chapitre 2. En fait, le 5 000 £ de rabais couvrirait amplement le coût d'une batterie de 40 à 50 km d'autonomie. C'est donc dire qu'avec le rabais proposé une voiture hybride branchable coûterait pratiquement le même prix qu'une voiture hybride ordinaire. Par contre, le rabais ne défraierait qu'une partie du surplus de coût d'une voiture tout électrique, et une plus petite partie encore du surcoût associé à une voiture à PAC-hydrogène. Par conséquent, on peut dire que **la formule de rabais mise de l'avant par le Royaume-Uni favorise la pénétration des voitures hybrides branchables**, la technologie la plus prometteuse pour les 25 à 30 prochaines années.

### Des réductions de taxes

Les citoyens du Royaume-Uni sont assujettis à une taxe annuelle sur les véhicules (l'équivalent des frais d'immatriculation au Québec), et les propriétaires de véhicules qui émettent moins de 130 g CO<sub>2</sub>/km n'ont pas à la payer. Par contre, les propriétaires

de véhicules émettant plus de 255 g CO<sub>2</sub>/km doivent payer 950 £ par année (1 530 \$ CAN/an). Donc, les véhicules à motorisation électrique n'ont pas à payer cette taxe.

Par ailleurs, les citoyens qui veulent accéder au centre-ville de Londres avec leurs véhicules doivent déboursier 8 £ par jour (12,90 \$ CAN/jour), sauf ceux qui ont des véhicules à carburant alternatif à faibles émissions. Un incitatif de plus pour acquérir un véhicule à motorisation électrique si on doit circuler régulièrement au cœur de Londres. Par ailleurs, c'est un excellent incitatif également pour diminuer le nombre de voitures personnelles en circulation et augmenter la fréquentation des transports collectifs ou alternatifs.

### *Projets de démonstration de véhicules électriques*

Dans son plan proposé en 2009, le Royaume-Uni prévoit investir 30 millions de livres sterling (48 M\$ CAN), d'ici 2012, pour aider à déployer plus de 11 000 postes de recharge, dans 3 à 6 villes, pour mettre à l'essai les véhicules électriques.

### *R&D pour les véhicules à motorisation électrique et pour réduire la consommation*

Comme les autres pays, le Royaume-Uni investit en R&D pour développer les nouvelles technologies de véhicule qui consomment beaucoup moins de carburants pétroliers. À cet effet, le *Technology Strategy Board* ([www.innovateuk.org](http://www.innovateuk.org)), financé par le gouvernement, vient d'annoncer le 7 janvier 2010 l'octroi de [subventions totalisant 12 M£ \(19,4 M\\$ CAN\), pour 22 projets](#).

Le projet piloté par Bladon Jets a pour but de développer un prolongateur d'autonomie à turbine, compact et léger, pour les véhicules hybrides branchables. Trois projets sont dédiés à améliorer les batteries. Un projet est consacré à mettre au point un camion électrique de 12 tonnes de seconde génération. Un autre projet est centré sur le développement d'un système hybride mécanique à volant d'inertie pour les autobus, avec possibilité d'en équiper des autobus usagés. Les autres projets concernent le développement de systèmes utilisés dans les véhicules traditionnels ou électriques, afin d'en diminuer la consommation d'énergie (transmissions, conduite assistée électrique, downsizing de moteurs thermiques, turbocompression efficace, injecteurs). On ne retrouve aucun projet de recherche sur les piles à combustible.

### *Développer les biocarburants de deuxième génération*

Dans le document *Low Carbon Transport: A Greener Future*, mentionné plus haut, le Royaume-Uni annonce son intention **d'atteindre, en 2020, une proportion de 10 % de biocarburants dans les carburants pétroliers**, en précisant que les biocarburants de deuxième génération seront privilégiés. Un plan national précisant les actions du gouvernement dans ce secteur est attendu à l'été 2010.

### *Réduction de consommation de pétrole pour le transport des marchandises*

Une des initiatives du Ministère des transports a été de subventionner des cours d'éco-conduite aux camionneurs, ce qui a permis de réduire la consommation des poids lourds de 5 % en moyenne. On considère également subventionner, pour les

camions semi-remorque, des dispositifs et systèmes de réduction de consommation, des carénages pour améliorer l'aérodynamique, et des pneus à faible résistance.

Le gouvernement encourage le transfert modal, via des subventions, modestes pour le moment, ainsi que le cocamionnage pour partager les camions à deux ou plusieurs entreprises, afin de réduire le nombre total de voyages. D'autres mesures seront annoncées, mais on ne considère pas, pour le moment, de taxe au kilomètre sur les routes du Royaume-Uni, comme on le fait en Allemagne et on s'apprête à le faire en France.

### *Le transport collectif*

C'est l'intention du gouvernement de mettre plus d'autobus hybrides sur les routes, en finançant une partie des surcoûts à l'achat. Le Royaume-Uni veut également électrifier davantage les trains, au fur et à mesure. Par ailleurs, on favorise de plus en plus l'intégration des divers modes de transport, par différentes actions. Parmi ces changements, notons l'uniformisation de la billetterie entre les divers modes, l'aménagement des trains de banlieue pour transporter les vélos, l'intégration de plus de places de stationnement pour vélos près des gares et stations de métro.

### 3.3.3 Les politiques incitatives au Canada

#### *Le gouvernement fédéral*

**En explorant en détail le site de Transport Canada ([www.tc.gc.ca](http://www.tc.gc.ca)), on est consterné de réaliser qu'on n'y retrouve aucun plan, aucun engagement, aucune politique du gouvernement fédéral canadien pour stimuler l'avènement des nouvelles technologies de transport décarboné.** Les programmes pertinents qui avaient été mis en place ne sont plus fonctionnels en 2010.

Le programme *écoAuto* qui subventionnait l'achat de véhicules à haut rendement énergétique, à la hauteur de 1 000 \$ à 2 000 \$, a mis fin à son mandat en mars 2009. De même, le programme *écoMarchandise* qui offrait des subventions pour inciter les sociétés de transport à réduire la consommation de carburant des camions semi-remorques, annonce que les subventions ne sont plus disponibles en 2010. Le programme *Démonstration en transport urbain* qui a financé, entre autres, une partie du projet *Écolobus* (minibus électriques) du RTC à Québec, et l'étude très éclairante de la STM de Montréal sur les autobus hybrides, n'est plus. Dans la section *Environnement* du site de Transport Canada, on ne retrouve pratiquement plus qu'une description de programmes terminés, faute de fonds, comme également le programme *écoMobilité* qui n'accepte plus de demandes de financement. À l'aube d'une révolution dans les transports à l'échelle mondiale, Transport Canada semble s'être cantonné dans la compilation de données, dans les tests de véhicules et de certaines technologies, et dans la distribution d'information au public, entreprises et collectivités.

Tout cela, bien entendu, est **le reflet du manque de vision du gouvernement fédéral actuel, qui préfère mettre l'emphase sur le développement des sables bitumineux, plutôt que d'amorcer et accélérer le virage vers les transports durables et la réduction des gaz à effet de serre.** Cette position nous éloigne des autres pays développés et pourrait avoir des conséquences économiques très néfastes pour notre pays. Il est urgent d'effectuer un changement de cap, car cette situation n'est plus tenable!

Il y a bien [Auto21](#), le Centre d'excellence canadien financé en partie par le gouvernement fédéral, qui regroupe la recherche universitaire dans le domaine de l'automobile, et s'avère essentiel à la formation des futurs chercheurs. Mais Auto21 ne dispose que d'un budget de 11 millions de dollars annuellement pour 200 chercheurs répartis dans 45 universités, associés à 150 partenaires de l'industrie et du gouvernement. Les sujets de recherche couverts sont aussi variés que la santé et la sécurité, les préoccupations sociales, la conception de véhicules, l'automatisation en fabrication automobile, les groupes de traction, les carburants alternatifs, la réduction des émissions, les nouveaux matériaux, et les systèmes de capteurs intelligents. Très peu de projets à ce jour y ont été dédiés aux véhicules à motorisation électrique.

### *La Feuille de route du Canada sur la technologie des véhicules électriques*

Les principaux intervenants canadiens dans la filière des transports durables ont mis sur pied l'association [Mobilité électrique Canada](#) ([www.emc-mec.ca](http://www.emc-mec.ca)), en 2006, dans le but de promouvoir et accélérer le dossier des transports à motorisation électrique (véhicules hybrides branchables et tout électriques) au Canada. Un des premiers projets a été de réaliser un répertoire des ressources canadiennes en mobilité électrique. Ensuite, [Mobilité électrique Canada](#) a piloté un processus consultatif en 2008 et 2009 qui a conduit au document [Feuille de route du Canada sur la technologie des véhicules électriques](#), rendu public en mars 2010 sur le site de l'organisation, et dont voici les grandes lignes. Nous utiliserons l'acronyme FRCVÉ pour ce document dans ce qui suit.

**L'objectif principal de la FRCVÉ est de mettre 500 000 véhicules à motorisation électrique (hybrides branchables et tout électriques) sur les routes canadiennes d'ici 2018**, avec un plus grand contenu canadien que les véhicules en circulation en 2008 (pièces et fabrication). Selon l'estimation de la FRCVÉ, avec un tel objectif, environ 15 % des véhicules légers neufs vendus en 2018 seraient des véhicules à motorisation électrique.

Sachant qu'il y avait 19,4 millions de véhicules légers au Canada (voitures, fourgonnettes, camionnettes et VUS) en 2008, et en admettant une stabilisation du parc au niveau de 2008, ces 500 000 véhicules correspondraient à 2,6 % du parc canadien de véhicules légers, en 2018. Rappelons que l'objectif proposé par Google pour 2020, dans son document *Clean Energy 2030*, est de 4,4 % du parc de véhicules légers aux États-Unis. Par ailleurs, l'Electrification Coalition propose dans son *Electrification Roadmap* un pourcentage des véhicules légers de 5,3 % en 2020. L'Allemagne, de son côté, parle d'une proportion de 3,3 % de véhicules branchables en 2020. La proposition de Mobilité électrique Canada navigue donc dans les mêmes eaux que les autres feuilles de route ou plans stratégiques.

### **On retrouve dans la FRCVÉ trois recommandations structurantes.**

- 1 La première est d'investir rapidement et de façon importante dans le développement et la fabrication au Canada des véhicules à motorisation électrique et des batteries, afin de mettre à profit nos forces dans ces secteurs.
- 2 La deuxième recommandation est de bonifier les initiatives fédérales et provinciales pour faciliter financièrement la pénétration des véhicules à motorisation électrique et l'installation d'infrastructures de recharge.
- 3 Enfin, la troisième recommandation est de mettre sur pied rapidement un Comité de mise en œuvre de la FRCVÉ, qui veillera à la réalisation des initiatives stratégiques identifiées.

## Les initiatives stratégiques sont regroupées sous quatre thèmes :

### 1 — La technologie

Les principales initiatives proposées consistent à améliorer les batteries, diminuer le coût et le poids des divers composants des véhicules, faire des essais d'infrastructures de chargement et des démonstrations d'utilisation des véhicules en situation réelle.

### 2 — Les codes, normes et règlements

Sous ce thème, on retrouve, entre autres, une initiative pour renouveler le code du bâtiment afin d'inclure au moins les éléments de base pour installer des prises de recharge dans les nouveaux édifices. L'élaboration de normes harmonisées pour la conversion de véhicules usagés en véhicules électriques apparaît également comme une initiative importante, de même qu'une harmonisation nord-américaine pour les normes et pratiques relativement à l'intégration des pièces de véhicules électriques, y compris l'interface des chargeurs.

### 3 – Les études et évaluations

Avant d'entreprendre des changements importants, il va de soi que des études sont requises. Une des études proposées par la FRCVÉ prévoit l'évaluation du bien-fondé et l'élaboration du mandat d'un *Institut des transports électriques*, où on pourrait concentrer une masse critique de chercheurs et d'équipements afin d'appuyer le développement des véhicules à motorisation électrique au Canada. Une autre étude serait de déterminer la faisabilité, les coûts et les avantages de la création d'une marque canadienne de véhicules électriques, aptes à circuler sur les routes. D'autres études recommandées pourraient analyser les besoins en électricité, les perspectives des modèles de location de batterie, et les économies anticipées pendant la durée de vie des véhicules à motorisation électriques.

### 4 – L'éducation et la sensibilisation

Les nouvelles technologies associées aux véhicules à motorisation électriques vont nécessiter l'introduction de nouveaux cours dans les différentes institutions d'enseignement et la FRCVÉ souligne qu'on se doit d'évaluer les besoins en ressources pour la formation. De plus, la FRCVÉ insiste sur l'importance d'élaborer des programmes éducatifs et de relations publiques pour sensibiliser davantage les Canadiens aux avantages des véhicules à motorisation électrique et des technologies associées.

## L'Ontario

L'Ontario a annoncé à l'été 2009 qu'elle mettrait en opération un système de rabais subventionné sur l'achat de véhicules à motorisation électrique, qu'on peut brancher sur le réseau. En juin 2010, le Ministère des transports de cette province a mis plus d'information sur son site Internet ([www.mto.gov.on.ca](http://www.mto.gov.on.ca)) sous la rubrique *Immatriculation des véhicules*, à l'item *Véhicules électriques*.

On y apprend que les [rabais subventionnés](#) s'adressent aux 10 000 premiers demandeurs qui auront acheté un véhicule électrique ou hybride branchable à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2010. Le montant des rabais varie de 5 000 \$ à 8 500 \$, selon la grosseur de la batterie. Pour être éligible, le véhicule doit être équipé d'une batterie ayant une capacité minimale de 4 kWh, auquel cas il a droit à un rabais de 5 000 \$ au moment de l'achat. Le montant de 8 500 \$ sera alloué aux conducteurs qui auront

acheté un véhicule dont la batterie a une capacité de 17 kWh et plus. Entre les deux, le Ministère des transports ne précise pas la façon de calculer, mais, en principe, on devrait compter approximativement 270 \$ pour chaque kWh de plus que 4 kWh.

Ainsi, la future Prius branchable, pouvant parcourir 20 km à l'électricité avec une batterie de 4 kWh, aura droit à un rabais de 5 000 \$, ce qui devrait couvrir le prix de la batterie. En fait, les gens vont pouvoir rouler 40 km par jour à l'électricité si on recharge la future Prius à la maison et au travail. La future Chevrolet Volt hybride branchable, qui pourra parcourir jusqu'à 65 km à l'électricité sur une pleine charge de sa batterie de 16 kWh, devrait bénéficier d'une subvention de l'ordre de 8 200 \$. Par ailleurs, la Leaf de Nissan aura droit à 8 500 \$, puisque la batterie de cette voiture tout électrique a une capacité de 24 kWh.

Cette façon de calculer est particulièrement avantageuse pour les véhicules hybrides branchables, dont la batterie est plus petite. On arrive ainsi à un résultat similaire au rabais proposé par le Royaume-Uni. Les deux façons de calculer les rabais subventionnés favorisent la pénétration des véhicules hybrides branchables, qui ne nécessitent pas de grosse infrastructure de recharge comme les véhicules tout électriques.

Toutefois, la limitation des rabais subventionnés à 10 000 véhicules, alors qu'il y a 7 millions de véhicules légers sur les routes de l'Ontario, n'est pas en mesure de stimuler de façon significative la pénétration de ces nouvelles technologies. De plus, la politique ontarienne n'accorde aucun incitatif pour les véhicules électriques convertis, ni pour les véhicules électriques à 2 et 3 roues, ni pour les véhicules hybrides non branchables.

Notons, en terminant, que les propriétaires de véhicules à motorisation électrique en Ontario auront une plaque d'immatriculation verte qui leur donnera accès aux voies prioritaires pour le transport collectif, même s'il n'y a qu'une personne à bord du véhicule. De plus, ces plaques vertes donneront droit à des places de stationnement avec bornes de recharge, lesquelles seront installées sur les aires publiques de stationnement.

### 3.3.4 Les politiques incitatives au Québec

L'année 2006 a été marquante pour le Québec. Cette année-là, le gouvernement provincial a publié trois plans stratégiques reliés à la diminution des gaz à effet de serre (GES), afin de respecter le protocole de Kyoto, et réduire les GES de 6 % pour 2012, par rapport à 1990. Ces trois plans sont : *Le plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques (PACC)*, *La stratégie énergétique du Québec 2006-2015 (SÉQ)*, et *La politique québécoise du transport collectif (PQTC)*. Or, qui dit réduction des GES dit nécessairement réduction de la consommation de pétrole. De plus, en novembre 2009, juste avant la conférence de Copenhague, le gouvernement québécois s'est engagé à ce que le Québec réduise ses GES de 20 % en 2020, toujours par rapport à l'année 1990. Et, en décembre 2009 la ministre du développement durable annonçait que le Québec s'alignait officiellement, à compter de janvier 2010, sur les normes d'émission des véhicules de la Californie, les plus sévères en Amérique du Nord. Le Québec se positionne donc comme un chef de file environnemental.

Pour arriver à réduire les GES de 20 %, une série de mesures ont déjà été adoptées et d'autres sont à venir. Mais, le défi est de taille, puisque les transports au Québec contribuent à près de 40 % des GES de la province. Or, depuis 1990, la consommation de carburants pétroliers reliés au transport routier, et donc les GES de ce secteur, a augmenté d'environ 34 %, comme nous l'avons vu au chapitre 1. En prenant en compte cette augmentation, si on voulait atteindre une réduction de 20 % des GES dans les transports routiers par rapport à 1990, il faudrait donc réduire de plus de 50 % notre consommation de pétrole dans ce secteur en 10 ans, ce qui relève des travaux d'Hercule et s'avère très peu probable.

À ce jour, une bonne partie du financement des initiatives et des programmes québécois, mis de l'avant pour contrer les GES, est assurée par le *Fonds vert*, dont les coffres sont remplis à même une nouvelle taxe sur les carburants fossiles, introduite en 2007. Cette taxe a été calculée pour rapporter 200 millions de dollars annuellement, correspondant à 0,8 ¢ le litre de carburant.

Les documents mentionnés au premier paragraphe ainsi que les détails concernant les programmes et initiatives subventionnés, dont nous allons parler ci-dessous, se retrouvent sur les sites de trois ministères québécois : le Ministère des finances ([www.finances.gouv.qc.ca](http://www.finances.gouv.qc.ca)), le Ministère des transports ([www.mtq.gouv.qc.ca](http://www.mtq.gouv.qc.ca)), et le Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs ([www.mddep.gouv.qc.ca](http://www.mddep.gouv.qc.ca)).

### *Un crédit d'impôt à l'achat de véhicules à motorisation électrique*

Dans son *Plan budgétaire 2009-2010*, rendu public en mars 2009 (voir le site du Ministère des finances à [www.finances.gouv.qc.ca](http://www.finances.gouv.qc.ca)), le gouvernement du Québec annonçait la mise sur pied d'un crédit d'impôt pour l'achat d'un véhicule à faible consommation de carburant. Son mode de calcul, tel que décrit à la page F103 du *Plan budgétaire*, est très différent de tous ceux que nous avons vus dans le présent chapitre, et s'applique à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2009. Quatre échelles de crédits d'impôt sont définies pour quatre catégories différentes de véhicules à quatre roues.

- **Catégorie 1 :** Véhicules consommant de 3,00 à 5,27 litre/100 km, essentiellement des voitures hybrides ordinaires, non branchables.
- **Catégorie 2 :** Véhicules consommant de 0,01 à 2,99 litres/100 km, soit des véhicules hybrides branchables
- **Catégorie 3 :** Véhicules tout électriques à basse vitesse (< 40 km/h)
- **Catégorie 4 :** Véhicules tout électriques ordinaires

Le tableau 8 ci-dessous donne les détails. Ce qui ressort de ce tableau, c'est la disparité flagrante entre les véhicules tout électriques et les véhicules hybrides branchables, alors que ces derniers peuvent faire 80 % de leur kilométrage à l'électricité, ou plus. En fait, cette grille a été conçue pour privilégier les véhicules tout électriques. Pourtant, en France, aux États-Unis, en Ontario, et en Angleterre, les voitures hybrides branchables comme la Chevrolet Volt ont droit au même rabais subventionné que les voitures tout électriques. Or, les véhicules tout électriques sont encore plus désavantagés au Québec en raison du territoire vaste et froid.

TABLEAU 8 : CRÉDITS D'IMPÔT DU GOUVERNEMENT DU QUÉBEC				
ANNEE	VEH. HYBRIDES	VEH. HYB. BRANCH.	VEH. ELECT. B.VIT.	VEH. ELECT. ORD.
	3,00 A 5,27 L/100 KM	0,01 A 2,99 L/100 KM	0,00 L/100 KM	0,00 L/100 KM
2009	2 000 \$	—	4 000 \$	—
2010	2 000 \$	3 000 \$	4 000 \$	—
2011	1 500 \$	3 000 \$	4 000 \$	8 000 \$
2012	1 000 \$	2 250 \$	4 000 \$	8 000 \$
2013	500 \$	1 500 \$	3 000 \$	6 000 \$
2014	—	750 \$	2 000 \$	4 000 \$
2015	—	—	1 000 \$	2 000 \$
2016	—	—	—	—

Par ailleurs, dans le *Plan budgétaire 2009-2010*, un montant de 30,7 millions de dollars est prévu pour ces crédits d'impôt, dont le nombre estimé de bénéficiaires est de 19 000. Sachant que la majorité de ces rabais devraient être accordés aux acheteurs de véhicules hybrides ordinaires (non branchables sur le réseau), on peut en conclure que seulement une dizaine de milliers de véhicules branchables vont pouvoir être subventionnés, comme en Ontario. C'est beaucoup trop peu pour avoir un impact significatif, sachant qu'il y a environ 4,5 millions de véhicules légers au Québec en 2010 (excluant les motos et scooters).

### *Projets de démonstration de véhicules électriques*

Hydro-Québec a conclu une entente en 2009 avec Ford, pour mettre à l'essai un véhicule utilitaire sport Escape hybride branchable en milieu nordique, afin d'évaluer le véhicule et d'analyser les différents modes de recharge et leur impact sur le réseau.

En janvier 2010, Hydro-Québec annonçait une deuxième entente, avec Mitsubishi cette fois, pour mettre à l'essai 50 voitures tout électriques au Québec, avec déploiement de bornes de recharge dans la ville de Boucherville. La société d'État évaluera les performances des voitures, notamment en hiver, et divers systèmes de recharge. Le projet est évalué à 4,5 millions de dollars.

Enfin, en juin 2010, la compagnie Communauto, qui offre des voitures en libre-service, annonçait qu'elle allait acquérir 50 voitures tout électriques Leaf de Nissan, à compter de la fin 2011, et Hydro-Québec s'est engagé à installer les bornes de recharge requises. Communauto bénéficiera de subventions gouvernementales totalisant 500 000 \$ pour ce projet.

Ces divers projets-pilotes vont permettre d'acquérir plus de connaissances sur les besoins techniques de ces nouvelles technologies et le niveau de satisfaction des divers utilisateurs. Mais, nous croyons qu'il ne faudrait pas pousser trop loin l'implantation d'infrastructures de recharge, car, comme nous l'avons expliqué au chapitre 2, les voitures tout électriques vont constituer un marché de niche d'ici 2030. Les véhicules qui vont remplacer les véhicules traditionnels dans les 25 prochaines années sont principalement les véhicules hybrides branchables, pour lesquels on n'a pas besoin de grosse infrastructure de recharge. Une prise de 110 Volt ordinaire est suffisante, car la batterie est plus petite et se recharge plus rapidement.

### *Transports collectifs*

Dans le document *La politique québécoise du transport collectif*<sup>90</sup>, présentée en 2006 par le gouvernement québécois, le graphique 1 nous montre l'évolution de la part modale du transport en commun dans les grandes villes du Québec (Montréal, Québec, Outaouais, et Sherbrooke). On y constate qu'un peu plus 20 % des gens utilisaient le transport en commun pour se déplacer en 1991, comparativement à un peu plus de 16 % en 2005. On a donc eu une chute de 20 % de la clientèle en 15 ans. C'est pour remédier à cette situation que le gouvernement québécois s'est fixé comme objectif de remonter de 8 % l'achalandage des transports collectifs, de 2006 à 2012. Cet effort a nécessité d'investir 100 millions de dollars par année, sans compter les 745 millions pour le prolongement de 5 km du métro vers Laval, inauguré en 2007. C'est une excellente initiative, mais il va falloir faire beaucoup plus dans la prochaine décennie.

Parallèlement au transport collectif, plusieurs pistes cyclables urbaines ont vu le jour depuis une dizaine d'années, et le service de vélos Bixi, a été implanté à Montréal au printemps 2009. Par ailleurs, le covoiturage a gagné en popularité, grâce à l'Internet.

---

<sup>90</sup> Ministère des transports du Québec, *La politique québécoise du transport collectif*, 2006. Téléchargement : [www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/grand\\_public/transport\\_collectif](http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/grand_public/transport_collectif).

Autant la revalorisation du cyclisme comme mode de transport, que l'implantation d'outils pour le covoiturage ont bénéficié de subventions du Ministère des transports, un budget annuel de 11 millions de dollars depuis 2008.

Le succès des minibus électriques circulant silencieusement et sans pollution dans le Vieux Québec depuis 2008, et la flambée des prix du pétrole la même année a dû faire réfléchir plusieurs sociétés de transport collectif. Ajoutons à cela une saine compétition auprès de l'opinion publique, et on a les ingrédients pour mettre en place une véritable révolution dans l'électrification des autobus urbains au Québec. C'est ainsi que la Société de transport de Montréal et la Société de transport de Laval ont annoncé le 21 mai 2010 leur intention de mettre à l'essai des autobus électriques à recharge très rapide dès 2012, et si tout se passe bien éventuellement d'intégrer des autobus biberonnés dans les flottes de ces sociétés. La STM a même manifesté son intention de n'acheter que des autobus électriques biberonnés vers 2026, et de ce fait d'électrifier toute sa flotte d'autobus. Pour plus de détails sur cette technologie, on peut se référer au chapitre 2 (section 2.3.1).

Dans cette mouvance de l'électrification et sachant que plusieurs entreprises de fabrication de véhicules de transport collectif sont implantées au Québec, le gouvernement a annoncé, dans son budget 2010-2011, sa volonté de démarrer un projet de fabrication d'un petit autobus électrique au Québec (voir le site du Ministère des finances à [www.finances.gouv.qc.ca](http://www.finances.gouv.qc.ca)). À cet effet, il compte investir 30 millions de dollars en partenariat avec des entreprises qui mettraient au moins autant d'argent sur la table. Les discussions sont en cours.

### *Transport des marchandises*

Toujours dans son budget 2010-2011, le gouvernement québécois annonce également son intention d'investir 10,4 millions pour encourager l'acquisition de camions lourds au gaz naturel liquéfié pour le transit longue distance (corridor Montréal-Toronto). Le but est de réduire la consommation de pétrole et les émissions de GES.

Par ailleurs, le Ministère des transports du Québec offre un programme de financement partiel (30 %) pour transformer les camions lourds déjà sur les routes afin qu'ils consomment moins de carburant. On parle de jupes et carénages pour améliorer l'aérodynamisme, de pneus à faible résistance au roulement, et de groupes électrogène embarqué pour réduire les périodes de ralenti du moteur. Le programme se termine en 2013.

### *Biocarburants*

Concernant les biocarburants, il est toujours prévu d'en introduire 5 % dans les carburants pétroliers d'ici 2012. Par ailleurs, le gouvernement québécois est bien conscient du fait qu'il faille aller rapidement vers des biocarburants moins dommageables à l'environnement que l'éthanol de maïs et offrant un plus grand pourcentage de réduction de GES.

Déjà, la compagnie québécoise Enerkem fait figure de chef de file dans le monde des biocarburants de deuxième génération. Son usine pilote à Westbury, près de Sherbrooke, fabrique déjà du méthanol à partir de vieux poteaux de téléphone, et bientôt de l'éthanol. Mais on pourrait tout aussi bien utiliser des résidus forestiers, des résidus agricoles, ou des déchets municipaux. Ces derniers comportent un bon pourcentage de matières résiduelles non putrescibles (inutilisables pour produire du compost ou du biogaz) et difficilement recyclables. La directrice des communications de Enerkem, Madame Labrie, confirme qu'il y a suffisamment de ces déchets municipaux au Québec pour produire le 5 % d'éthanol qui devra être incorporé à l'essence dans la province à partir de 2012. Il faudrait bien entendu construire des usines.

Par ailleurs, la filière de biométhanisation des résidus organiques pour produire du biogaz est une approche complémentaire. Elle permet d'éviter l'enfouissement des déchets municipaux putrescibles et de diminuer les GES qui y sont associés. Le biogaz peut être utilisé en remplacement du pétrole pour chauffer des édifices, ou comprimé dans des réservoirs pour alimenter des flottes municipales de véhicules lourds, comme les camions de collecte des ordures. La première usine québécoise, financée conjointement par le gouvernement fédéral, le gouvernement provincial et l'entreprise privée débutera ses opérations en 2012 à Cacouna, près de Rivière-du-Loup. D'autres projets similaires sont prévus dans les prochaines années, à Québec, à Montréal, à Laval, à Longueuil, et à Gatineau, entre autres. Cet essor du biogaz au Québec relève de l'intention du gouvernement québécois d'éliminer l'enfouissement et l'incinération des déchets organiques municipaux d'ici 2020, tel qu'annoncé en novembre 2009 par la ministre du développement durable de l'environnement et des parcs. Plus de 650 millions de dollars seront investis dans cette technologie de gestion des matières résiduelles par les différents partenaires (gouvernements fédéral et provincial, municipalités et entreprises privées).

### *Mise en perspective des initiatives québécoises*

À part le bémol sur les crédits d'impôt accordés aux véhicules à motorisation électrique, les initiatives que nous venons de voir sont bien ciblées et constituent un excellent exercice préparatoire à ce qu'il va falloir faire d'ici 2030.

Mais, maintenant, il va falloir ouvrir la vapeur et augmenter l'ampleur et la vitesse des transformations dans le monde des transports au Québec. Il faut passer à un autre niveau.

# Chapitre 4

## Recommandations pour une stratégie québécoise sur la mobilité durable

Dans ce chapitre, nous mettrons de l'avant plusieurs recommandations qui nous semblent pertinentes à la lueur des trois chapitres précédents, que ce soit pour diminuer la consommation de pétrole dans les transports au Québec, en augmentant notamment la pénétration des véhicules à motorisation électrique, ou pour stimuler l'économie de la province et son industrie du VE et des biocarburants de deuxième génération.

Ces recommandations visent à apporter notre vision des actions à entreprendre, tout en étant conscients que l'élaboration de toute politique nécessite, bien entendu, une concertation avec plusieurs industries, municipalités, institutions et groupes sociaux.

**Le rôle des différents paliers de gouvernement va être crucial** pour le succès d'une transition vers des transports de moins en moins dépendants du pétrole. Ce sont nos élus qui régissent les politiques incitatives ou dissuasives, les normes et règlements, et qui établissent les priorités dans l'octroi des subventions en recherche et développement.

Comme nous l'avons vu au chapitre 1, le contexte actuel laisse entrevoir une diminution imminente de la production mondiale de pétrole, d'ici 2015, et une rupture entre l'offre et la demande qui pourrait arriver aussi tôt qu'en 2012. Mais, ce qui est plus inquiétant c'est d'y constater la rapidité anticipée de la décroissance de la production mondiale de pétrole conventionnel, qui pourrait être de 15 % à 35 % inférieure à celle d'aujourd'hui en 2030, alors que l'Agence internationale de l'Énergie prévoit une croissance de la demande de 23 % dans les 20 prochaines années (voir la figure 1.2). Enfin, nous avons vu également au chapitre 1 que la décroissance serait encore plus accentuée pour les pays qui approvisionnent le Québec, puisque, selon les diverses études citées dans ce chapitre, plus de 75 % du pétrole conventionnel en provenance de nos fournisseurs en 2008 ne serait plus disponible en 2030.

Trouver d'autres pays exportateurs de pétrole pour approvisionner le Québec sera de plus en plus difficile, car la demande des pays en émergence monte, et tous les pays importateurs vont en chercher, alors que le poids politique du Québec est infime. Il faudrait se replier sur les sables bitumineux dont on prévoit tripler ou quadrupler l'exploitation d'ici 2030, un choix très contestable. Car, on devrait payer ce pétrole très cher, au prix du marché, et on ne ferait que remettre à plus tard notre sortie incontournable de l'ère des carburants fossiles, avec un très lourd tribut à payer sur la détérioration de l'environnement.

Bien sûr, les prévisions sur la disponibilité du pétrole en 2030 ne peuvent être établies avec certitude et précision, mais il est certain que la disparité entre l'offre et la demande va être considérable dans 20 ans, à l'allure où vont les choses. Encore beaucoup de gens veulent toujours plus de pétrole pour des véhicules plus nombreux, plus puissants et plus lourds. Ici, au Québec, la consommation d'essence et de carburant diesel a augmenté de 34 % de 1990 à 2007, selon [les statistiques du Ministère des ressources naturelles et de la Faune](#). Nous nous dirigeons à grande vitesse vers un mur, la tête baissée, encore insouciant du danger pour la grande majorité des gens.

Pourtant, dès que l'offre de pétrole ne suffira plus à la demande, son prix devrait monter rapidement. À 100 \$ le baril, c'est 8 milliards de dollars qui fuient le Québec pour acheter le pétrole requis par les transports routiers. S'il advenait qu'on atteigne 200 \$ le baril d'ici 2020, ce qui est très plausible dans le contexte actuel, c'est une fuite de capitaux de 16 milliards de dollars qu'il faudrait assumer, plus que le budget de l'éducation au Québec! Notre économie, déjà précaire, pourrait avoir de la difficulté à s'en relever, et risque l'effondrement lorsque le prix du pétrole sera encore plus élevé.

Les graves conséquences sur notre économie et notre qualité de vie, qui découleraient d'un emballement des prix à la pompe, commandent de prendre des actions immédiates et importantes. Sans compter qu'on ne peut plus tarder pour réduire nos gaz à effet de serre, si on veut éviter une catastrophe climatique planétaire. La Suède montre la voie à suivre, car ce pays a décidé d'éliminer le pétrole de son portefeuille énergétique d'ici 2030.

Sans aller aussi loin que la Suède, **nous estimons qu'il serait judicieux, pour les transports routiers, de réduire notre consommation de pétrole de 30 % d'ici 2020 et de 60 % d'ici 2030.** Les raisons sont multiples. Tout d'abord, pour respecter nos engagements de réduction de 20 % des gaz à effet de serre à l'horizon 2020, par rapport à 1990. Nous venons de voir plus haut que depuis 1990 notre consommation de carburant pour les transports a augmenté de 34 %, et les gaz à effet de serre (GES) d'autant. Or, en principe, il faudrait réduire de 54 % notre consommation de pétrole de 2010 à 2020 si on voulait atteindre la réduction de 20 % de GES en 2020 par rapport à 1990. Par ailleurs, la réduction de 30 % de notre consommation de pétrole que nous proposons pour 2020 contribuera à gérer la décroissance anticipée des réserves de nos fournisseurs et surtout à diminuer rapidement les fuites de capitaux reliées à l'achat de pétrole à l'extérieur de la province, sachant que le prix a de fortes chances de s'emballer dans la prochaine décennie. Il ne faut pas voir ce défi comme une punition qu'on s'impose, mais plutôt comme une excellente opportunité de s'enrichir, tout en léguant un monde plus durable à nos enfants et petits enfants.

En plus de réduire les fuites de capitaux pour acheter du pétrole à l'étranger, on pourrait **stimuler notre économie en soutenant une filière industrielle québécoise des véhicules à motorisation électrique et une autre filière industrielle des biocarburants de deuxième génération.** Il suffirait de miser sur nos points forts : les batteries Li-ion très sécuritaires à recharge rapide et à très longue durée, les moteurs électriques compacts, légers et à haute efficacité, la construction de véhicules pour le transport collectif, l'aluminium, la biomasse et les biocarburants de deuxième génération par gazéification. Il faudrait mettre à profit ces leviers économiques, et attirer des entreprises qui pourraient s'y greffer. La mise sur pied de projets de démonstration technologique constituerait un atout mobilisateur. On peut penser à la conception d'un autobus électrique biberonné québécois, de même qu'au développement d'un monorail rapide à moteurs-roues. Nous pourrions également mettre en place une industrie de véhicules convertis, et attirer l'implantation d'usines de batteries Li-ion sur notre territoire.

Et pour appuyer tous ces développements, nos chercheurs universitaires pourraient renforcer leurs collaborations avec l'industrie de la mobilité électrique et des biocarburants 2G, via **le déploiement d'un réseau d'excellence québécois en transports terrestres avancés**, subventionné adéquatement.

**Que de beaux défis technologiques stimulants pour nos ingénieurs québécois, qui vont prendre, bien entendu, une part particulièrement active dans l'accomplissement de cette révolution imminente, et qui devront être soutenus pour y arriver.**

Mais, il n'y a pas que les défis technologiques, il y a des défis politiques, des défis logistiques, des défis de communication, des défis de formation, et des défis financiers.

**Un défi de taille sera de planifier à long terme et mettre en place des actions gouvernementales structurantes**, qui vont nécessiter l'imposition de nouvelles taxes liées aux transports. La volonté politique va devoir être au rendez-vous, et les partis politiques vont devoir faire front commun dans l'implantation de nouvelles mesures fiscales dédiées au financement de notre sevrage du pétrole, pour les intérêts supérieurs du Québec.

**Mais le plus gros défi qui nous attend est la rapidité à laquelle on va devoir effectuer les changements**, alors que nos voitures ont une durée de vie de 12 à 14 ans, et que les véhicules à motorisation électrique, branchables sur le réseau, vont sortir lentement des usines. Les estimés les plus optimistes actuels prévoient un taux de pénétration des véhicules à motorisation électrique de l'ordre de 5 % en 2020, correspondant à 25 % des ventes annuelles à cette date<sup>91 92 93</sup>. Il faut donc attaquer la diminution de consommation de pétrole sur plusieurs fronts, car l'électrification des véhicules ne sera pas une mesure suffisante pour atteindre notre objectif à l'horizon 2030. Il va falloir envisager, entre autres, une augmentation importante du transport collectif, ce qui devrait, encore là, stimuler l'économie québécoise, puisque les autobus sont fabriqués ici. Il va falloir également diminuer la consommation de pétrole des camions lourds dédiés au transport de marchandises, via différentes stratégies technologiques et logistiques. Les transports actifs et le covoiturage vont également faire partie de l'équation.

**La mobilisation de la population** va constituer un défi incontournable. Nos gouvernements se doivent de sensibiliser les gens à l'importance d'effectuer des changements importants dans nos habitudes et dans les technologies liées au transport. Car, les gouvernements vont devoir financer ces changements à même diverses mesures fiscales. Une bonne campagne de relations publiques va s'avérer essentielle.

**Un autre gros défi sera le contexte économique difficile** dû à l'augmentation du prix du pétrole, dès que la demande dépassera l'offre. Les sommes importantes qui seront requises pour mettre en place les diverses initiatives vont devoir être dépensées judicieusement, en privilégiant les initiatives qui maximisent la réduction de pétrole pour un investissement donné. Sinon, les citoyens, qui vont avoir payé de nouvelles taxes, pourraient devenir très frustrés, avec raison.

Enfin, **l'importance de former et maintenir une main-d'œuvre compétente pour exceller dans les technologies reliées aux transports avancés** constitue un défi qu'il ne faudra pas sous-estimer.

Voici donc nos recommandations, classées par thèmes, pour les initiatives à mettre en place d'ici 2020. Nous avons regroupé les thèmes sous deux axes :

Axe 1 : Réduire l'empreinte carbone et la dépendance au pétrole du transport,

Axe 2 : Soutenir l'industrie québécoise des véhicules à motorisation électrique.

---

<sup>91</sup> Jeffery Greenblatt (Google.org), *Clean Energy 2030*, novembre 2008, publié en ligne à <http://knol.google.com/k/clean-energy-2030#>

<sup>92</sup> Electrification Coalition, Securing America's Future Energy, et PRTM Management Consultants, *Electrification Roadmap – Revolutionizing Transportation and Achieving Energy Security*, nov. 2009.

Téléchargement à [www.electrificationcoalition.org](http://www.electrificationcoalition.org).

<sup>93</sup> Mobilité électrique Canada, *Feuille de route du Canada sur la technologie des véhicules électriques*, mars 2010. Téléchargement à [www.emc-mec.ca/fr/feuillede route.php](http://www.emc-mec.ca/fr/feuillede route.php).

## AXE 1 - RÉDUIRE L'EMPREINTE CARBONE ET LA DÉPENDANCE AU PÉTROLE DU TRANSPORT

### 4.1 Mettre en place les conditions favorables au changement

#### 4.1.1 Se fixer un objectif de diminution de la consommation de pétrole dans les transports routiers de 30 % d'ici 2020

##### **RECOMMANDATION 1**

Mettre en place les initiatives, mesures et réglementations adéquates pour diminuer notre consommation de pétrole de 30 % en 2020, par rapport à celle de 2010, en gardant à l'esprit qu'on devrait viser une réduction de 60 % en 2030. Pour ce faire, s'assurer que l'industrie québécoise prenne une part active dans l'essor économique relié aux nouvelles technologies des transports à motorisation électrique (hybrides branchables et tout électriques) et des biocarburants de deuxième génération.

*Contexte/explications :* Nous l'avons vu, la réduction de notre consommation de pétrole est essentielle pour plusieurs raisons : l'environnement et la santé, la sécurité énergétique, et l'économie. L'adoption des normes californiennes pour les émissions des véhicules légers, va réduire la consommation des véhicules neufs d'environ 30 % en 2016, mais la durée de vie des véhicules et l'augmentation progressive de l'efficacité des véhicules d'ici 2016 fait en sorte que la diminution de consommation du parc de véhicules en 2020 pourrait atteindre environ 15 % en 2020. Il faudra d'autres mesures pour diminuer de 30 %. Par ailleurs, si l'on veut que le Québec atteigne les cibles d'économies d'énergie prévues dans sa *Stratégie énergétique* pour les produits pétroliers à l'horizon 2015, les efforts consacrés à l'efficacité énergétique dans les transports vont devoir être stimulés dans les secteurs industriel, commercial et institutionnel (les ICI). Les moyens suivants favoriseraient l'atteinte de cet objectif :

- Mettre sur pied un Fonds national d'efficacité énergétique (FNEE) garanti par le gouvernement du Québec, qui consentirait des prêts aux entreprises dont le remboursement se ferait à même les économies générées une fois l'investissement initial récupéré.
- Mettre en place des crédits d'impôt favorisant la création de postes de gestionnaire de l'énergie en entreprise.

*Difficultés potentielles :* Plusieurs mesures vont devoir être prises en parallèle de façon cohérente, et elles vont nécessiter de la volonté politique.

*Atténuation des difficultés :* Voir les diverses recommandations ci-dessous.

#### 4.1.2 Conduire une étude détaillée sur les opportunités liées à la gestion intelligente des transports

##### **RECOMMANDATION 2**

Les enquêtes Origine-Destination (OD) représentent la principale source d'information sur les habitudes de déplacements des personnes au Québec. Elles sont réalisées dans la région de Montréal depuis 1970 environ tous les cinq ans. Le Ministère des transports devrait conduire ces enquêtes sur un mode continu et élargi afin de mettre à jour

les flux et les habitudes de transport de la population du Québec sur une base régulière, en commençant par les régions densément peuplées. L'information recueillie devrait permettre de planifier plus précisément les mesures particulières à prendre pour réduire efficacement la consommation de pétrole des différentes régions. On peut penser également à la conception de systèmes intelligents de transport pour améliorer la gestion des incidents, ainsi que la mise en place de feux de circulation adaptatifs.

#### 4.1.3 Une campagne de sensibilisation et d'information

##### **RECOMMANDATION 3**

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 1, la situation mondiale du pétrole est alarmante. Les décideurs ont besoin d'être informés et le public également. Il est essentiel de mettre sur pied une campagne médiatique d'information bien documentée et très bien vulgarisée sur les conséquences néfastes de maintenir le statu quo dans les transports, et les avantages de rouler principalement à l'électricité, et d'augmenter l'utilisation des transports collectifs, alternatifs et actifs.

*Contexte/explications :* Cette campagne est absolument essentielle pour bien expliquer aux gens le pourquoi des changements majeurs qui vont devoir être entrepris, et les besoins de financement qui leur sont associés. Car il faut donner un coup de barre et les gouvernements et municipalités n'auront pas d'autres choix que d'augmenter de façon importante les taxes reliées aux transports. Il serait judicieux qu'un bon nombre de groupes sociaux et environnementaux, d'organisations syndicales ou patronales, de corporations professionnelles, et de chambres de commerce prennent à cœur d'informer leurs membres de la situation et surtout des solutions disponibles.

*Difficultés potentielles :* Trouver des images qui parlent, et rester près du public dans la présentation des enjeux. Trouver les personnes ressources, particulièrement pour informer le public correctement sur les multiples enjeux, car, comme nous l'avons vu dans le présent document, les domaines qu'il faut maîtriser sont très variés, et les personnes généralistes se font de plus en plus rares.

*Atténuation des difficultés :* Mettre ensemble des scientifiques compétents et bons vulgarisateurs avec des spécialistes des médias. Demander la participation de gens connus et aimés du public pour venir témoigner des changements qu'ils ont eux-mêmes effectués pour diminuer leur consommation de pétrole, et partager leur motivation. Rechercher des scientifiques qui ont réalisé des études, écrit des livres ou donné des cours sur les sujets pertinents, et qui sont à l'aise avec la communication auprès du public et des étudiants.

#### 4.1.4 Organiser la formation du personnel

##### **RECOMMANDATION 4**

Ceux qui auront à travailler avec les nouvelles technologies de transports avancés vont nécessiter des formations, et il faut penser à les organiser. On doit penser à la formation des chercheurs et ingénieurs, des techniciens en véhicules automobiles aussi bien que des intervenants en cas d'urgence, pour qu'ils puissent effectuer leur travail en toute sécurité (haut voltage).

*Difficultés potentielles* : Trouver des enseignants compétents.

*Atténuation des difficultés* : Envoyer des étudiants gradués motivés dans des universités et Instituts de recherche reconnus. Envoyer certains membres du personnel enseignant en stage de formation. Recruter de nouveaux enseignants avec des conditions intéressantes.

#### 4.1.5 Adapter les normes et règlements

##### **RECOMMANDATION 5**

Il est important de s'assurer que les normes et règlements nationaux, provinciaux et municipaux favorisent le déploiement des transports avancés et la réduction de consommation de pétrole.

*Contexte/explications* : Le code du bâtiment devrait désormais prévoir l'installation de prises de recharge pour les véhicules branchables dans les bâtiments neufs. Des normes uniformisées pour la conversion des véhicules traditionnels en véhicules électriques devraient être adoptées le plus tôt possible, pour accélérer l'homologation de ces véhicules convertis. Les municipalités pourraient revoir leurs règlements routiers afin d'autoriser les véhicules branchables dans les corridors prioritaires réservés aux autobus sur les heures de pointe, et pour stationner gratuitement dans certains endroits. Le Québec se doit, bien entendu, d'harmoniser ses bornes de recharge à celles des autres pays du continent. Les limitations de vitesse sur les routes pourraient être revues à la baisse, si l'objectif de 30 % de réduction de consommation de pétrole en 2020 n'était pas atteint.

*Difficultés potentielles* : Rien de particulier.

#### 4.1.6 Mettre en place les outils fiscaux adéquats pour financer les changements

##### **RECOMMANDATION 6**

Les outils fiscaux reliés aux transports sont bien connus : taxes sur les carburants, immatriculation des véhicules, permis de conduire, taxes foncières (transport collectif), frais pour les stationnements publics, et péages pour les autoroutes. Il faudra bien doser les divers montants pour en arriver à des mesures fiscales les plus équitables possible. Toutefois, il faut bien être conscient que les augmentations devront être substantielles, et il serait souhaitable d'en moduler certaines en fonction de la consommation des véhicules, et il est important de ne pas pénaliser les plus démunis.

*Contexte/explications* : Nous avons vu à la section 3.2.1 qu'une taxe de moins de 1 ¢ le litre sur les carburants fossiles fait entrer environ 200 millions de dollars annuellement dans les coffres de l'État québécois. Il faudra envisager une augmentation de ces taxes de l'ordre de 10 ¢ le litre, répartie sur plusieurs années, et nous serons encore bien en dessous des taxes que payent les Européens. L'alternative est une rareté croissante du pétrole commençant vraisemblablement d'ici 2015, et une population captive des augmentations de prix des carburants, qui va en découler. Mieux vaut investir dans des transports avancés et collectifs qui contribueront à développer notre économie, au lieu d'envoyer éventuellement plus de dix milliards de dollars par année à l'étranger afin d'acheter du pétrole pour nos véhicules routiers. Achetons plutôt de l'électricité propre, des biocarburants 2G, et des autobus produits ici, et éventuellement des moteurs, des batteries et des nouveaux modes de transport collectif faits au Québec. L'avenir est

dans une conversion intelligente des transports, mais certainement pas dans le statu quo. Si on refusait d'investir maintenant l'argent nécessaire pour ces changements, nous le perdrons de toute façon un peu plus tard dans l'achat de pétrole, avec des conséquences désastreuses pour notre économie.

*Difficultés potentielles* : Manque de volonté de nos politiciens d'effectuer les changements et les augmentations de taxes qui les accompagnent.

*Atténuation des difficultés* : Les organisations à caractère social, comme les syndicats et les groupes environnementaux, de même que les corporations professionnelles devraient démarrer la campagne d'information de la population. C'est d'ailleurs ce que fait le Réseau des ingénieurs du Québec avec le présent document.

## 4.2 Maximiser la pénétration des véhicules à motorisation électrique légers et la diminution de consommation de carburant

### 4.2.1 Instaurer un bonus malus à l'achat de véhicules neufs

#### **RECOMMANDATION 7**

Instaurer un système de bonus malus avec une reconnaissance du véritable du potentiel d'économie de carburant des véhicules hybrides branchables, qui pourrait ressembler à ce qui suit :

- 7 000 \$ de rabais à l'achat de véhicules tout électriques aptes à rouler sur autoroutes
- 6 000 \$ de rabais à l'achat de véhicules hybrides branchables ayant une autonomie électrique supérieure à 60 km, et aptes à rouler sur autoroute
- 5 000 \$ aux véhicules hybrides branchables avec une autonomie électrique comprise entre 45 km et 59 km et aptes à rouler sur autoroute
- 4 000 \$ aux véhicules hybrides branchables avec une autonomie électrique comprise entre 30 km et 44 km et aptes à rouler sur autoroute
- 3 000 \$ aux véhicules hybrides branchables avec une autonomie électrique comprise entre 15 km et 29 km et aptes à rouler sur autoroute
- 2 000 \$ aux véhicules électriques à basse vitesse (< 45 km/h)
- 1 500 \$ aux véhicules consommant moins de 5 litres/100 km
- 750 \$ aux véhicules consommant entre 5,1 et 6 litres/100 km
- aucun bonus pour les véhicules consommant entre 6,1 et 7 litres/100 km
- un malus de 500 \$ à l'achat d'un véhicule consommant 7,1 à 8 litres/100 km
- un malus de 1 000 \$ à l'achat d'un véhicule consommant 8,1 à 9 litres/100 km
- un malus de 2 000 \$ à l'achat d'un véhicule consommant 9,1 à 10 litres/100 km
- un malus de 3 000 \$ à l'achat d'un véhicule consommant plus de 10 litres/100 km

S'assurer que les bonus aux véhicules qu'on peut brancher sur le réseau électrique puissent s'appliquer à environ 50 000 véhicules au total, sur l'ensemble des catégories, avant de les diminuer progressivement. Mais, limiter les bonus pour

chaque fabricant à 10 000 véhicules, afin de stimuler tous les fabricants, même ceux qui ont pris un peu de retard. Notons que les Étatsuniens limitent leurs crédits d'impôt à 200 000 véhicules par fabricant.

*Contexte/explications* : Il y a au Québec 4,5 millions de véhicules légers, et en visant qu'à l'horizon 2020 il y ait 5 % de ce parc qu'on puisse brancher sur le réseau, on aurait alors 225 000 véhicules branchables. Si on veut que les bonus/malus aient un impact réel sur la pénétration des nouvelles technologies, le temps que les prix baissent dû à la production de masse, il faut subventionner un nombre réaliste de véhicules. Par ailleurs, il faut renverser la tendance actuelle à l'augmentation de la puissance et de la grosseur des véhicules, alors que les gens n'en ont souvent pas besoin. Notons que les Étatsuniens accordent un crédit d'impôt de 2 500 \$ US pour un véhicule branchable dont la batterie a une capacité minimale de 4 kWh, et que par la suite, le crédit augmente avec la grosseur de la batterie, à raison de 417 \$ pour chaque kWh de capacité au dessus de 4 kWh, avec un maximum de 7 500 \$. Cette façon de faire est un peu l'équivalent de ce que nous proposons, sauf que nous graduons le bonus en fonction de l'autonomie en mode électrique que procure la batterie, au lieu de sa capacité. Il nous semble que l'autonomie en mode électrique est mieux comprise par les gens que le nombre de kWh de capacité de la batterie.

*Difficultés potentielles* : Opposition de ceux qui devraient payer un malus. Montant requis pour financer le système.

*Atténuation des difficultés* : Une bonne campagne de relations publiques pour informer les gens de l'ampleur des enjeux. Pour le financement, les malus devraient payer une bonne partie des bonus, et d'autres mesures fiscales peuvent être envisagées, comme celles mentionnées à la recommandation 6.

#### 4.2.2 Maintenir un programme de recyclage de véhicules et d'incitatifs au transfert modal

##### **RECOMMANDATION 8**

Poursuivre le programme *Faites de l'air* de recyclage de vieux véhicules et d'incitatifs à un transfert modal de leurs conducteurs, mené par l'Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique (AQLPA), après la fin de son présent mandat, qui se termine le 31 mars 2011.

*Contexte/explications* : Depuis juin 2009, l'Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique (AQLPA) a démarré de façon intensive son opération de recyclage de vieux véhicules (antérieurs à 1995) qu'elle menait de façon plus modérée depuis 2002. Ceci, grâce à des subventions des deux paliers de gouvernement et à l'appui de plusieurs partenaires, dont principalement les sociétés de transport collectif. Le propriétaire du bazou se voit offrir 300 \$, ou 15 mois de titres de transport en commun gratuits, ou un abonnement de 3 ans gratuit au service d'autopartage Communauto (valeur de 611 \$), ou encore un rabais de 700 \$ à l'achat d'un vélo électrique ou d'un scooter électrique (région de Montréal). Ce programme contribue doublement à l'objectif de réduction de consommation de pétrole, en retirant de la route les véhicules qui consomment généralement plus que les nouveaux et polluent beaucoup plus, et deuxièmement en incitant les conducteurs à utiliser les transports alternatifs et collectifs. Car, les titres de transport et les rabais ne sont pas transférables.

*Difficultés potentielles* : Le financement.

*Atténuation des difficultés* : Voir la recommandation 6.

#### 4.2.3 Instaurer un rabais subventionné pour la conversion des véhicules usagés

##### **RECOMMANDATION 9**

Instaurer un rabais de 15 % sur le coût de conversion d'un véhicule traditionnel ou hybride ordinaire usagé en véhicule tout électrique ou hybride branchable, avec un maximum de 4 000 \$. S'assurer que le rabais soit disponible pour environ 7 000 véhicules convertis, avant de diminuer progressivement les subventions. Assister financièrement les études préliminaires à la conversion d'un modèle (simulations numériques et/ou tests de collision, au besoin).

*Contexte/explications :* Comme nous l'avons vu, la pénétration des véhicules tout électriques et hybrides branchables neufs va se faire très lentement dans les 10 à 15 prochaines années, et ne suffira pas à atteindre les objectifs de réduction de pétrole. Par ailleurs, avec une telle mesure, on pourrait stimuler l'industrie de la conversion des véhicules au Québec, et utiliser les moteurs électriques et les batteries fabriqués au Québec, dans la mesure du possible. On ferait d'une pierre deux coups. C'est pour cela que nous recommandons un rabais subventionné de 15 %, au lieu de 10 % comme aux États-Unis.

*Difficultés potentielles :* L'homologation des véhicules convertis par la SAAQ, pour s'assurer de la sécurité des véhicules convertis. Les compagnies en Ontario ou aux États-Unis ont plus de facilité qu'au Québec à obtenir ces homologations. Montant requis pour financer les rabais.

*Atténuation des difficultés :* Entreprendre des discussions intensives avec Transport Canada pour la mise en place de normes uniformisées de conversions de véhicules usagés. Mettre ce projet en priorité pour éviter des délais indus qui reporteraient trop loin dans le futur la viabilité d'entreprises qui voudraient s'y investir. Établir une certification pour ces entreprises. Pour le financement, voir la recommandation 6.

#### 4.2.4 Instaurer un rabais subventionné pour les véhicules électriques à 2 et 3 roues

##### **RECOMMANDATION 10**

Instaurer un rabais subventionné de 10 % à l'achat de motos et de scooters électriques, de même que de véhicules électriques à trois roues, avec un maximum de 2 000 \$. S'assurer que le rabais soit disponible pour environ 10 000 véhicules.

*Contexte/explications :* Même en n'utilisant un scooter électrique que 7 mois par année, un conducteur qui délaisse la conduite de sa voiture traditionnelle pendant ce temps pourra diminuer sa consommation de carburant de moitié. Le prix plus abordable des motos et scooters électriques conviendra mieux à une tranche de la population moins fortunée. Aux fins de comparaison, les Étatsuniens accordent un crédit d'impôt de 10 % également pour ce type de véhicules.

*Difficultés potentielles :* Manque de stationnements dédiés aux véhicules à 2 roues. Montants pour le financement.

*Atténuation des difficultés :* Installer des stationnements graduellement dans des endroits stratégiques. Pour le financement, voir la recommandation 6.

#### 4.2.5 Instaurer un coût d'immatriculation modulé par la consommation de carburant

##### **RECOMMANDATION 11**

Instaurer une grille de tarification pour l'immatriculation des véhicules qui sera modulée en fonction de la consommation de carburants pétroliers des véhicules, à la manière du bonus-malus, mais avec des montants variant, disons, entre 0 \$ et 500 \$.

*Contexte/explications* : Une autre mesure incitative pour favoriser l'achat des véhicules à faible consommation. Un tel système est en opération au Royaume-Uni et la taxe annuelle varie de 0 \$ à 1 500 \$, selon les émissions de CO<sub>2</sub> du véhicule. Au Québec, le coût d'immatriculation d'une voiture est d'environ 230 \$ par année. Une modulation entre 0 \$ pour les voitures électriques et 500 \$ pour un VUS énergivore nous semble appropriée.

*Difficultés potentielles* : L'opposition des conducteurs.

*Atténuation des difficultés* : Campagne médiatique pour expliquer les enjeux. Augmenter graduellement sur 5 ans l'écart entre le coût minimum et le coût maximum.

#### 4.2.6 Soutenir l'achat de véhicules branchables pour les flottes gouvernementales et municipales

##### **RECOMMANDATION 12**

Afin de donner l'exemple, les gouvernements fédéral et provincial, de même que les municipalités devraient renouveler une partie de leur flotte de véhicules traditionnels par des véhicules qu'on peut brancher sur le réseau électrique, et identifier les véhicules par une courte phrase ou un logo afin que le public puisse les reconnaître.

*Contexte/explications* : Démontrer la volonté réelle de nos élus à se diriger vers une mobilité durable, et en faire la publicité.

*Difficultés potentielles* : Le financement.

*Atténuation des difficultés* : Les véhicules achetés auront droit au bonus, et chaque municipalité évaluera le nombre de véhicules à acheter, selon l'importance de la municipalité et ses moyens.

#### 4.2.7 Émettre une plaque verte pour les véhicules branchables

##### **RECOMMANDATION 13**

Délivrer aux véhicules hybrides branchables et tout électriques des plaques d'immatriculation vertes, facilement identifiables, donnant accès aux corridors prioritaires en heures de pointe, même s'il n'y a qu'un seul passager à bord, et à des stationnements publics gratuits, dont certains avec borne de recharge, pour une période à déterminer.

*Contexte/explications* : Une mesure incitative pour l'achat de véhicules branchables.

*Difficultés potentielles* : le financement des stationnements avec poste de recharge.

*Atténuation des difficultés* : Les stationnements avec bornes de recharge seront en nombre limité. Diverses mesures fiscales pourront aider à financer (recommandation 6).

#### 4.2.8 Favoriser l'installation de dispositifs/systèmes de réduction de consommation

##### **RECOMMANDATION 14**

Pour accélérer la réduction de consommation de pétrole, mettre en place un bureau de certification des dispositifs ou systèmes économiseurs de carburant et en favoriser la mise en marché, via des mesures appropriées.

*Contexte/explications* : Pour pallier la lenteur prévisible d'introduction des véhicules à motorisation électrique neufs, il va être important de réduire le plus possible la consommation de carburant du parc existant de véhicules usagés. L'installation d'un indicateur de consommation de carburant en temps réel pour favoriser l'écoconduite, ou d'un système de diminution de la marche au ralenti en hiver pour certains véhicules comme les taxis et les voitures de police sont deux exemples avérés. Le système de réduction de ralenti consiste à faire circuler le liquide de refroidissement du moteur via une pompe électrique et une plus grosse batterie, lorsque le moteur chaud vient d'être éteint. D'autres dispositifs, pouvant agir directement sur la consommation des moteurs, devraient être testés et validés avant de favoriser éventuellement la commercialisation de certains d'entre eux, s'il y a lieu. Mais, on ne peut se permettre de rejeter les dispositifs, sans les avoir mis à l'essai, car il va falloir utiliser tous les moyens à notre disposition pour arriver à diminuer de 30 % notre consommation de pétrole d'ici 2020 et de 60 % d'ici 2030. Nous sommes dans un contexte exceptionnel, jamais rencontré auparavant (fin imminente de l'ère du pétrole).

*Difficultés potentielles* : Financer la mise en place d'un centre d'essai et de validation des dispositifs.

*Atténuation des difficultés* : Tâcher d'établir des partenariats avec des centres de développement et d'essai de véhicules déjà en place. Voir la recommandation 6.

#### 4.2.9 Planifier le transfert des taxes sur le carburant aux véhicules branchables vers 2018

##### **RECOMMANDATION 15**

Mettre en place un comité qui fera des recommandations pour le transfert éventuel des taxes sur le carburant aux kilomètres électriques parcourus par les véhicules branchables. Ne pas instaurer ce transfert avant qu'un nombre minimum de véhicules branchables soient sur les routes (de l'ordre de 3 %), pour faciliter leur pénétration.

*Contexte/explications* : Éviter que les gouvernements se retrouvent dans une situation de conflit d'intérêts en perdant des sommes considérables qu'ils perçoivent via les taxes sur les carburants, et assurer la pérennité du financement pour l'entretien des infrastructures routières. En ne transférant pas la taxe sur les carburants avant que les véhicules à motorisation électrique n'atteignent une pénétration de 3 % au Québec (ce qui représente approximativement 135 000

véhicules présentement), on stimule l'achat de véhicules à motorisation électrique d'ici 2018 environ, le temps que le prix des véhicules à motorisation électrique diminue, en raison des productions en plus grande série. Notons que la *Feuille de route* de l'organisation Mobilité électrique Canada<sup>94</sup> prévoit 500 000 véhicules branchables (tout électriques ou hybrides branchables) en 2018 au Canada, soit environ 2,6 % du parc de véhicules légers canadien (19 876 990 de véhicules légers en 2009 au Canada, [selon Statistiques Canada](#)).

*Difficultés potentielles* : Réticence de la population à toute nouvelle taxe.

*Atténuation des difficultés* : Expliquer que ce n'est pas une nouvelle taxe, mais un transfert de taxes nécessaire pour entretenir les routes. Encore là, une bonne campagne d'information sera nécessaire.

## 4.3 Favoriser les transports collectifs, alternatifs et actifs

### 4.3.1 Diminuer les parcours urbains en auto solo de 20 % d'ici 2020 par rapport à 2010

#### **RECOMMANDATION 16**

Faire les investissements requis et mettre en place les infrastructures et les mesures nécessaires pour diminuer de 20 %, dans les grandes villes, les parcours en solitaire en voitures personnelles, d'ici 2020. Ce changement d'habitude pourrait s'opérer, par exemple, en dirigeant 8 % des conducteurs solo vers les transports collectifs, et 12 % vers les transports alternatifs et actifs (covoiturage, vélo, marche, scooter électrique).

*Contexte/explications* : Nous avons vu à la section 3.3.4 sous la rubrique *Transports collectifs* qu'en 2005 environ 16 % des gens dans les grandes villes du Québec utilisaient les transports en commun. Ainsi, un transfert de 8 % des conducteurs solo vers les transports collectifs pourrait représenter une augmentation de 30 % environ des utilisateurs de transports en commun. L'adoption des normes californiennes réduira progressivement la consommation en carburant des véhicules légers neufs de 30 % environ d'ici 2016, mais l'incidence sur la diminution de consommation du parc dans son ensemble sera d'environ 15 % d'ici 2020, en raison de la durée de vie des véhicules et du fait que les normes ne s'appliquent pas aux véhicules lourds. Les normes californiennes ne seront donc pas suffisantes pour atteindre l'objectif de réduire de 30 % la consommation de pétrole pour les transports routiers en 2020, sans compter qu'elles ne s'appliquent pas aux camions lourds. Pour encourager le covoiturage, on pourrait augmenter l'accessibilité aux voies rapides sur les heures de pointe pour les voitures à plusieurs passagers, en modulant le nombre de passagers requis (2 ou 3) pour y accéder, en fonction de l'achalandage.

*Difficultés potentielles* : Motiver les gens à changer d'habitudes, et trouver le financement nécessaire.

*Atténuation des difficultés* : L'augmentation du prix du pétrole d'ici quelques années va constituer un facteur important pour inciter les gens à changer leurs habitudes de transport. Élaborer une campagne dans les médias faisant intervenir des gens connus qui ont opté pour les transports collectifs, alternatifs et actifs, et qui en expliquent les multiples avantages. Pour ce qui est du financement, nous avons vu que la taxe de 0,8 ¢ le litre sur les carburants fossiles,

---

<sup>94</sup> Mobilité électrique Canada, *Feuille de route du Canada sur la technologie des véhicules électriques*, mars 2010. Téléchargement à [www.emc-mec.ca/fr/feuillederoute.php](http://www.emc-mec.ca/fr/feuillederoute.php).

instaurée au Québec en 2007, fait entrer 200 millions de dollars annuellement dans les coffres du gouvernement. En augmentant de 1 ¢ par année cette taxe, pendant 4 ans, on irait chercher un milliard de dollars annuellement au bout de 4 ans. D'autres mesures peuvent également être envisagées, telles que décrites à la recommandation 6.

#### 4.3.2 Bonifier les transports collectifs ruraux

##### **RECOMMANDATION 17**

Bonifier les transports collectifs ruraux qui se sont mis en place depuis une dizaine d'années. Leur offre consiste essentiellement à mettre à la disposition des gens les places disponibles dans les transports existants (autobus scolaire, transport adapté, services de transport en voiture pour les personnes âgées, taxis, covoiturage). Les organismes responsables font principalement un travail de logistique. Certaines collectivités offrent également un service de navette entre elles et les grands centres.

*Contexte/explications :* Il est important d'offrir un minimum de services en transport collectif aux régions rurales, même si ces services ne vont pas représenter une part aussi importante que celle des grandes villes dans la diminution de la consommation provinciale de pétrole. Généralement, ces services représentent des coûts modestes, compte tenu du très petit nombre de véhicules dédiés qu'on y retrouve. Peu de statistiques sont disponibles et il est difficile de fixer un objectif précis. Mais, on se doit d'augmenter ces services de façon réaliste, compte tenu du contexte anticipé des 20 prochaines années, et d'une saine politique d'occupation du territoire. Chaque contribution est importante pour réduire notre consommation de pétrole.

*Difficultés potentielles :* Rien de particulier.

#### 4.3.3 Augmenter les stationnements dédiés à l'auto-partage urbain et au covoiturage interurbain

##### **RECOMMANDATION 18**

Favoriser l'implantation de nouveaux stationnements urbains pour l'auto-partage, et installer plus de stationnements à des endroits stratégiques à la sortie des villes, près des autoroutes et des routes principales, pour favoriser le covoiturage interurbain.

*Contexte/explications :* L'auto-partage est une initiative à encourager puisqu'elle incite les gens à ne pas acheter de voiture personnelle, mais plutôt à s'abonner à une entreprise qui gère le partage d'un nombre de voitures bien inférieur au nombre d'abonnés. Il est important que les divers palliers de gouvernements favorisent l'offre de terrains de stationnement à un coût préférentiel pour ces entreprises. Car, les utilisateurs de ces services d'autopartage prennent beaucoup moins souvent une voiture que ceux qui en sont propriétaires. Par ailleurs, plusieurs services de transports collectifs ruraux mettent à la disposition des gens des stationnements d'une dizaine de places généralement, et qui servent de point de ralliement pour le covoiturage. Les utilisateurs font le trajet de la maison au stationnement avec leur voiture, et la laisse là pour entreprendre un plus long trajet avec quelqu'un d'autre et partager les frais, tout en diminuant la consommation de pétrole. Des stationnements plus grands pourraient être localisés à l'extérieur des grandes villes, près des autoroutes, pour favoriser ce mode de transport écologique.

*Difficultés potentielles* : Le financement.

*Atténuation des difficultés* : Choisir des emplacements moins aptes à la spéculation immobilière, et faire payer un montant minimum à l'utilisateur du stationnement de covoiturage. Pour le reste, voir la recommandation 6.

#### 4.3.4 Intégrer les régions dans un projet de transport rapide électrique interurbain

### **RECOMMANDATION 19**

Prendre le temps et les dispositions pour examiner sérieusement toutes les alternatives technologiques visant l'intégration de liaisons rapides interurbaines. À titre d'exemple, un monorail suspendu rapide est une technologie complémentaire à celle du TGV qui pourrait offrir la possibilité d'établir un réseau reliant plusieurs régions du Québec. Cela pourrait s'avérer un moteur économique important pour les Québécois, dans la révolution imminente des transports électrifiés.

*Contexte/explications* : Le monorail rapide suspendu (250 km/h), constitué de navettes autonomes de 60 passagers, nous apparaît comme une technologie prometteuse, complémentaire à celle du TGV, et mieux adaptée aux régions à faible densité de population. Il offrirait la possibilité de développer au Québec un nouveau créneau technologique à fort potentiel économique, pouvant être exporté partout dans le monde. Le monorail peut être en compétition avec le TGV sur certains trajets, mais le TGV est plus rapide (320 à 350 km/h) sur les liens directs à longue distance (supérieurs à 500 ou 600 km) entre des bassins fortement peuplés, alors que le monorail convient mieux aux moyennes distances et/ou à des régions plus faiblement peuplées. De plus, les accélérations rapides d'un monorail à moteurs-roues (0 à 250 km/h en moins de 30 secondes) lui permettent d'effectuer des arrêts plus fréquents le long de ses parcours, sans trop perdre de temps, encore là démontrant sa supériorité à desservir des collectivités moins nombreuses. Il faut voir au-delà de la compétition apparente entre ces deux technologies et comprendre qu'ensemble elles ouvrent la porte à un plus grand marché. C'est une opportunité qu'il serait dommage de laisser passer. Voir la section 2.3.2 pour plus de détails.

*Difficultés potentielles* : Plusieurs politiciens, maires et gens d'affaires ont déjà exprimé leur volonté d'établir un lien TGV dans le corridor Québec-Windsor sans s'intéresser de près aux coûts ou aux autres alternatives technologiques.

*Atténuation des difficultés* : L'option du monorail rapide à moteurs-roues n'a été que peu diffusée jusqu'à aujourd'hui, et on ne peut blâmer personne de ne pas être au courant des détails. Mais, c'est l'apanage de la majorité des nouvelles technologies à leur début, de manquer de visibilité, jusqu'à ce qu'on puisse constater leur réel potentiel dans un démonstrateur fonctionnant près des conditions réelles d'utilisation. Il serait judicieux que nos élus examinent le dossier de plus près et considèrent subventionner éventuellement un consortium ou une compagnie pour développer un démonstrateur sur un rail expérimental.

## 4.4 Optimiser le transport des marchandises

### 4.4.1 Favoriser le développement d'une meilleure logistique de transport des marchandises

#### **RECOMMANDATION 20**

Mettre en œuvre un plan d'action sur la logistique des marchandises s'inscrivant dans la continuité des engagements gouvernementaux en efficacité énergétique et sur la réduction des gaz à effet de serre, afin, notamment, de réduire les retours à vide des camions et éviter les voyages n'utilisant que partiellement leur capacité de chargement.

*Contexte/explications :* La diminution du nombre de voyages pour la livraison d'une quantité donnée de marchandises constitue un autre moyen efficace de diminuer la consommation de pétrole. Dans un avis récent intitulé *L'innovation dans la chaîne logistique des marchandises*, le Conseil de la science et de la technologie (CST) faisait état de l'importance de l'innovation organisationnelle et technologique en logistique pour accroître la compétitivité et de la productivité des entreprises québécoises. Ce dernier ciblait deux types d'actions : une série de mesures visant à aider directement les entreprises à combler leur retard en logistique; une autre série de mesures proposant la mise en place d'infrastructures propices à faciliter l'adoption de pratiques logistiques plus efficaces (recommandations 5 et 6, p. 107). Par exemple, on pourrait diminuer les retours à vide et les voyages n'utilisant que partiellement la capacité des camions, via des ententes entre deux ou plusieurs compagnies pour faire du cocamionnage, et augmenter le nombre de trains routiers (2 remorques de 2 compagnies transportées par le même tracteur routier). Par ailleurs, une excellente façon de réduire notre consommation de pétrole est de diminuer les besoins de transport. Cela n'a pas de sens de prendre des légumes produits à Saguenay, de les envoyer à un entrepôt central à Montréal et de les réexpédier dans les magasins d'alimentation de Saguenay et d'ailleurs par la suite.

*Difficultés potentielles :* Perte de flexibilité dans le transport pour les compagnies. Problème d'identification des camions (quel logo?).

*Atténuation des difficultés :* Consulter les compagnies impliquées pour identifier les conditions favorables, qui peuvent varier d'un cas à l'autre.

### 4.4.2 Continuer l'aide pour réduire la consommation de carburant des camions lourds

#### **RECOMMANDATION 21**

Continuer jusqu'en 2015 le programme d'aide aux propriétaires de camions lourds pour défrayer une partie des coûts liés à l'installation de dispositifs et de systèmes qui réduisent la consommation de carburant, dont notamment des carénages aérodynamiques, des pneus à faible résistance au roulement et des générateurs embarqués pour diminuer les périodes où le moteur tourne au ralenti, lors d'arrêts prolongés.

*Contexte/explications :* Les camions semi-remorque font généralement beaucoup de kilométrage dans une même journée et consomment beaucoup plus d'énergie que les véhicules légers. Par conséquent, les camions lourds ne se prêtent pas à l'électrification, car la batterie devrait être beaucoup trop lourde et coûterait beaucoup trop cher. Toutefois, on peut réduire la consommation des camions lourds existants de 15 % à 20 % environ, en les équipant des

dispositifs et systèmes mentionnés dans l'énoncé de la recommandation, et on peut gagner un autre 5 % à 10 % avec un limiteur électronique de vitesse et une formation en écoconduite. Notons que, selon Statistique Canada, les camions de plus de 15 tonnes ont consommé 27 % des carburants pour les véhicules routiers au Canada, en 2009. C'est donc une partie importante de notre consommation de pétrole.

*Difficultés potentielles* : Financement de ce programme.

*Atténuation des difficultés* : Ajuster le niveau de subvention selon le prix du pétrole, disons après 2012. Diminuer la subvention si le pétrole augmente, car le propriétaire pourra récupérer son investissement plus rapidement. Voir également la recommandation 6.

#### 4.4.3 Favoriser le transfert modal du transport des marchandises

##### **RECOMMANDATION 22**

Mettre en place des initiatives et des mesures pour transférer une partie du transport routier des marchandises vers les trains et les bateaux.

*Contexte/explications* : Les trains et les bateaux consomment moins de carburant que les camions pour transporter un poids donné de marchandises.

*Difficultés potentielles* : Le transport par train et par bateau est mieux adapté aux longues distances, dû au transfert des marchandises des camions sur les trains ou les bateaux, et vice-versa. Or, les deux grosses régions urbaines du Québec, la région de Québec et celle de Montréal, sont distantes de 250 km à peine. Par ailleurs, les infrastructures portuaires et ferroviaires régionales souffrent d'un manque d'entretien. Plusieurs voies ferrées ont été abandonnées, et plusieurs quais ne sont plus réellement fonctionnels. Un investissement important serait nécessaire dans les infrastructures.

*Atténuation des difficultés* : Consolider l'essentiel qui ne demande pas trop d'investissements, et considérer sérieusement la possibilité d'investir plutôt dans un réseau de monorail rapide électrique. On ferait d'une pierre deux coups (voir la recommandation 19).

### 4.5 Augmenter l'usage des carburants alternatifs

#### 4.5.1 Intégrer 8 % à 10 % de biocarburants dans les carburants pétroliers en 2020

##### **RECOMMANDATION 23**

Adopter une norme qui stipule l'intégration d'environ 8 % à 10 % (par unité de volume) de biocarburants dans les carburants pétroliers en 2020, en s'assurant que les biocarburants utilisés soient principalement de deuxième génération, et que les émissions de gaz à effet de serre du carburant résultant de ce mélange soient moindres que celles des carburants pétroliers dits conventionnels (pas issus des sables bitumineux), dans une proportion à déterminer.

*Contexte/explications* : Le but de cette nouvelle norme est double : réduire les gaz à effet de serre, et diminuer la consommation de pétrole. Cette norme empêche que les gains effectués par l'industrie automobile au niveau des GES, via l'introduction de véhicules qui consomment moins de carburant, soient annulés par l'utilisation de carburants moins écologiques, comme ceux issus des sables bitumineux, qui ajoutent de 20 % à 40 % de GES supplémentaires par rapport au pétrole conventionnel<sup>95</sup>, comme nous l'avons vu à la section 1.3.2. Les biocarburants peuvent être produits à partir de déchets, de résidus forestiers ou agricoles, d'huiles de cuisson recyclées, de matières résiduelles d'abattoirs, ou encore de cultures appropriées respectueuses des sols. La Californie vient de mettre en vigueur une norme semblable en 2010, particulièrement contraignante, puisqu'elle impose une diminution des GES de 10 %, qui entraîne une diminution des carburants pétroliers de 20 % environ. Il s'agit du [Low Carbon Fuel Standard](#) (LCFS). Mais produire des biocarburants en trop grande quantité met en péril leur l'aspect durable de leur production.

*Difficultés potentielles* : Investir de façon importante dans la mise en place d'une industrie des biocarburants de deuxième génération au Québec.

*Atténuation des difficultés* : La réduction de la consommation de pétrole qui en résultera va augmenter le produit intérieur brut du Québec, et donc les entrées de taxes et d'impôts. Voir également la recommandation 6.

#### 4.5.2 Favoriser l'utilisation du biogaz comprimé, du propane et du gaz naturel comprimé

### RECOMMANDATION 24

Mettre en place des mesures pour favoriser l'utilisation de biogaz et de gaz naturel comprimés, ainsi que de propane, principalement pour les flottes captives de véhicules (afin d'éviter d'avoir à investir trop dans les infrastructures de distribution). L'accent devrait être mis sur le biogaz, un carburant renouvelable qui émet beaucoup moins de GES. Il faut garder à l'esprit que l'utilisation d'autres carburants fossiles que le pétrole n'est que transitoire, en attendant qu'on ait pu électrifier suffisamment les véhicules, et ne devrait se faire qu'à une petite échelle.

*Contexte/explications* : La décroissance imminente de la production pétrolière mondiale et la lenteur de pénétration des véhicules branchables (hybrides ou tout électriques), nous obligent à considérer l'utilisation de carburants alternatifs, comme le biogaz, le gaz naturel comprimé (GNC) et le propane. Comme nous l'avons vu à la section 2.4.1, récemment un chercheur de l'Université Cornell a souligné l'importance sous-estimée qu'ont les fuites de méthane de l'industrie du gaz naturel sur le réchauffement climatique, particulièrement pour les gaz de schistes. Sa conclusion est que les émissions de GES dues au gaz naturel seraient supérieures à celles des carburants pétroliers, lorsqu'on considère les cycles de vie des carburants. Le Biogaz, par contre, est responsable de beaucoup moins d'émissions de GES que les carburants pétroliers, de 5 à 20 fois moins, selon la matière solide utilisée. Le biogaz sera produit abondamment au Québec à partir des matières résiduelles organiques putrescibles qui ne pourront plus être enfouies ni incinérées à partir de 2020, selon la nouvelle politique du gouvernement québécois annoncée en novembre 2009. Environ 650 millions de dollars d'investissements par les divers partenaires sont prévus pour mettre en place les usines de biométhanisation, et on devrait raffiner une partie du gaz brut produit en biogaz. Rappelons que le méthane est le principal constituant du gaz naturel et également du biogaz. Le fait qu'on doive utiliser des compresseurs et des réservoirs sous pression pour faire le plein de ces carburants alternatifs, et l'autonomie limitée des véhicules fonctionnant au gaz naturel comprimé ou au

<sup>95</sup> James Leaton et al., *Unconventional Oil – Scrapping the bottom of the barrel?*, Organisation WWF, 2008. Téléchargement à [www.panda.org/oilsands](http://www.panda.org/oilsands).

biogaz comprimé les confinent principalement aux flottes captives de véhicules lourds, comme, notamment, les autobus scolaires, les camions à ordures, et les camions-mélangeurs pour le ciment, qui font le plein à l'entreprise. Il ne faudrait pas investir massivement dans une infrastructure de distribution de ces carburants pour le grand public, afin de ne pas implanter deux infrastructures (recharge électrique et remplissage de carburants alternatifs gazeux).

*Difficultés potentielles* : Rien de particulier, ces carburants alternatifs sont déjà utilisés.

#### 4.5.3 Limiter l'implantation du gaz naturel liquéfié pour le camionnage

##### **RECOMMANDATION 25**

Pour les camions lourds qui effectuent des longs trajets, le gaz naturel comprimé ne convient pas en raison des immenses réservoirs qui seraient requis. On peut toutefois utiliser du gaz naturel liquéfié (à  $-162^{\circ}\text{C}$ ), le GNL, qui nécessite des réservoirs moins volumineux. Mais, [plusieurs objections pertinentes à l'utilisation du GNL](#) ont été signalées par l'American Trucking Associations (ATA)<sup>96</sup>, et il existe une alternative au GNL qui utilise le gaz naturel différemment. Par conséquent, nous estimons qu'il serait sage d'explorer cette alternative (prochaine recommandation) et de limiter pour le moment l'utilisation du GNL au corridor très achalandé Montréal-Toronto.

*Contexte/explications* : Le gouvernement du Québec a déjà annoncé dans son budget 2010-2011 son intention d'implanter un corridor d'approvisionnement en gaz naturel liquéfié (GNL) entre Montréal et Toronto, où le camionnage est très important, comme on le fait déjà aux États-Unis dans quelques corridors très achalandés. Toutefois, la technologie coûte très cher autant pour les tracteurs routiers (plus de 70 000 \$ supplémentaire pour un tracteur) que pour les stations pour faire le plein. De plus, l'ATA fait savoir que du gaz naturel s'échappe par la valve de limitation de pression des réservoirs, ce qui peut annuler la réduction de GES par le tuyau d'échappement et même possiblement l'augmenter par rapport à un camion diesel. En effet, un réservoir de GNL peut se vider ainsi en 7 à 10 jours selon la température extérieure, si le camion est à l'arrêt, alors que le méthane (principal constituant du gaz naturel) est 25 fois plus actif que le CO<sub>2</sub> pour le réchauffement climatique. Ces fuites de méthane s'ajoutent à celles dont nous avons parlé aux sections 2.4.1 et 4.5.2, ce qui rendrait l'utilisation du GNL similaire aux carburants issus des sables bitumineux en ce qui a trait aux émissions de GES. Pour ce qui est des émissions toxiques, les nouvelles normes entrant en vigueur en 2010 pour les camions diesel les mettent sur un pied d'égalité avec les camions au GNL, selon l'ATA. Par ailleurs, toujours selon l'ATA, l'autonomie d'un camion au GNL est la moitié de celle d'un camion diesel. Enfin, l'ATA craint que le coût élevé des stations-service pour le GNL n'entraîne un quasi-monopole qui pourrait prendre en otage les camionneurs, après que le gouvernement ait subventionné massivement cette technologie. Pour toutes ces raisons, nous estimons que l'utilisation du GNL dans les transports routiers doit être limitée à une très petite échelle, ne dépassant pas 2 ou 3 % de remplacement des carburants pétroliers.

*Difficultés potentielles* : Rien de particulier.

---

<sup>96</sup> Voir le document identifié « Natural Gas Statement Senate », daté du 10 novembre 2009, sur le site de l'ATA, dans la section « Newsroom », sous la rubrique « ATA Comments Filed » (à la page [www.truckline.com/Newsroom/Pages/comments.aspx](http://www.truckline.com/Newsroom/Pages/comments.aspx)).

#### 4.5.4 Vérifier la pertinence d'incorporer du gaz naturel dans la production de biocarburants 2G

##### **RECOMMANDATION 26**

Dans le processus de fabrication de biocarburants de deuxième génération par gazéification, toute matière première composée de carbone et d'hydrogène peut être transformée en divers carburants liquides, comme l'éthanol, le méthanol ou des carburants synthétiques semblables aux carburants pétroliers. On peut donc, en principe, ajouter du gaz naturel à la biomasse pour produire des carburants liquides. Et, il serait judicieux de vérifier expérimentalement la viabilité économique de cette approche, car elle présente plusieurs avantages par rapport au gaz naturel liquéfié. Toutefois, ce remplacement de carburants pétroliers par du gaz naturel, s'il s'avérait économiquement viable, ne devrait se faire qu'à une petite échelle.

*Contexte/explications* : Les carburants liquides sont beaucoup plus faciles à utiliser que le gaz naturel liquéfié (GNL), car ils ne requièrent que peu de modifications des moteurs thermiques et peuvent être mélangés aux carburants pétroliers et distribués dans les stations-service existantes. De plus, on évite les fuites de méthane des réservoirs de GNL. Bien sûr, l'idée n'est pas de remplacer le pétrole par du gaz naturel sur le long terme, mais plutôt d'envisager une solution de remplacement temporaire, à petite échelle, qui donnerait le temps aux véhicules hybrides branchables et tout électriques de prendre la relève. L'utilisation du gaz naturel pour produire des carburants liquides (GTL : Gas To Liquid) est d'ailleurs ce que recommande l'étude récente intitulée «[The Future of Natural Gas](#)» réalisée par des chercheurs du MIT<sup>97</sup>, plutôt que d'utiliser du GNL, dans la mesure où la production de ces carburants soit viable économiquement. Or, nous avons au Québec la compagnie [Enerkem](#) qui a justement développé la technologie de gazéification pour produire de l'éthanol à partir de la biomasse, et il y a [une chaire de recherche industrielle sur les biocarburants 2G](#), au département de génie chimique de l'université de Sherbrooke. Nous serions donc en mesure de monter un projet assez rapidement. Si les résultats s'avéraient concluants, on pourrait remplacer, à l'horizon 2020, de 1 à 2 % des carburants pétroliers routiers par du carburant GTL, puis 3 à 4 % en 2030. Notons que pour remplacer 4 % des carburants pétroliers routiers, il nous faudrait augmenter notre consommation de gaz naturel au Québec d'environ 8 %, selon les statistiques de 2007 (consommation québécoise : 11 milliards de litres de carburants pétroliers routiers et six milliards de mètres cubes de gaz naturel), et en tenant compte de 20 % de pertes dans le procédé de fabrication des carburants GTL. Mais, compte tenu de ce que nous avons vu à la section 2.4.1, sur l'impact sous-estimé des GES reliés au gaz naturel, dû aux fuites de méthanes, en particulier pour les gaz de schistes, il faut définitivement privilégier les carburants alternatifs durables, comme le biogaz, le biodiesel et les biocarburants de deuxième génération. Le GTL devrait être limité à un mélange de 3 ou 4 % dans les carburants pétroliers. C'est la mobilité durable qu'il faut mettre en place, et non le remplacement d'un carburant fossile par un autre.

*Difficultés potentielles* : Difficultés technologiques potentielles. Financement.

*Atténuation des difficultés* : Une compagnie comme Gaz métro et d'autres, pourraient investir dans un tel projet, de même que les deux paliers de gouvernement. Voir également la recommandation 6.

<sup>97</sup> Ernest J. Moniz et al., *The Future of Natural Gas*, MIT Energy Initiative, Cambridge, 2010. Téléchargement à <http://web.mit.edu/mitei/research/studies/naturalgas.html>.

## AXE 2 — SOUTENIR L'INDUSTRIE QUÉBÉCOISE DES VÉHICULES À MOTORISATION ÉLECTRIQUE

Le gouvernement doit prendre les devants vu la pertinence stratégique de cette filière et soutenir les réseaux industriels, de R&D et d'enseignement du système d'innovation québécois. Ce soutien devra s'exprimer à travers la mise en œuvre d'une politique de développement de l'industrie du véhicule à motorisation électrique (VME), misant sur les technologies à fort potentiel de croissance. Il importe d'agir vite et de frapper fort à l'heure où nombre d'économies, y compris émergentes comme la Chine, prennent massivement le virage de l'électrification des transports.

Les conditions gagnantes pour le Québec devront prendre assises sur une politique structurante dotant notre économie : d'une vision d'ensemble des enjeux; d'une évaluation de la chaîne d'approvisionnement du VME et de toutes les ressources en présence au Québec; de priorités claires et intégrées des activités de R&D; de projets d'expérimentation et de démonstration technologique d'envergure internationale; de mécanismes incitatifs pour stimuler les entreprises et les villes à investir; de mécanismes de suivis systématiques avec indicateurs de résultats.

Le déploiement de synergies entre les activités industrielles et les activités d'enseignement et de recherche contribuera à jouer un rôle de catalyseur de développement durable. En appuyant les bassins d'entreprises (assembleurs et équipementiers), le développement des PME hautement technologiques et la formation d'une main-d'œuvre hautement qualifiée, les institutions d'enseignement joueront un rôle clé.

Le gouvernement devra aménager des conditions facilitant les investissements, que l'on parle de l'accès au capital de risque ou de mesures fiscales, pour maximiser leur impact structurant sur l'avènement d'une filière industrielle québécoise du véhicule avancé.

En outre, le gouvernement gagnera sur le long terme à modeler son intervention en se référant à certains modèles étrangers à succès, comme les « pôles de compétitivité », « clusters » ou « grappes » ailleurs dans le monde.

Somme toute, l'objectif d'une telle stratégie doit être de faire du Québec une plaque tournante mondiale de l'industrie du VME. Pour le RéseauQ, toute politique industrielle forte et cohérente devrait être basée sur trois piliers :

- L'innovation, ce qui rejoint nos recommandations en matière de développement technologique;
- L'investissement, ce qui rejoint nos recommandations en matière de maintien des actifs et de construction de nouvelles infrastructures de transports;
- La productivité, ce qui rejoint nos recommandations en matière d'efficacité énergétique (production d'un même produit avec moins d'énergie) et de formation.

Ces trois piliers font clairement consensus lorsque vient le temps d'identifier les facteurs qui contribueront à notre compétitivité à court, moyen et long termes.

D'après le CNTA, l'industrie du transport terrestre au Québec représente près de 950 entreprises; 40 000 emplois; 350 chercheurs; 28 centres de recherche et 7 universités participant à AUTO21. Si les différents acteurs de l'industrie du VME au Québec doivent faire face à des défis qui leur sont propres, il reste que les objectifs suivants devraient retenir l'attention :

- 1 Accroître la part de marché du contenu québécois dans la chaîne d'approvisionnement des VME.
- 2 Accroître la part de l'investissement étranger et le nombre d'entreprises installées au Québec.
- 3 Accroître la visibilité de l'industrie québécoise du VME dans le monde.

Somme toute, l'intervention gouvernementale devra contribuer à favoriser la conception, la fabrication et la commercialisation des produits québécois; stimuler le démarrage et l'implantation d'entreprises en TTA; et soutenir la recherche, l'innovation et la productivité. Pour ce faire, plusieurs axes d'intervention devront retenir l'attention :

- Renforcer les crédits d'impôt et autres mesures de financement qu'offre le Québec aux activités de R-D des assembleurs, des équipementiers et autres PME, etc.
- Augmenter l'accès au capital de risque et encourager l'investissement des partenaires publics (SGF, Investissement Québec, etc.) et privés.
- Augmenter le financement des projets structurants : missions commerciales, démonstrations technologiques, partenariats étrangers, regroupements stratégiques; etc.
- Renforcer les liens entre centres de liaison et de transfert; les centres collégiaux de transfert technologique, dont les sociétés de valorisation et le CNTA, au cœur du Créneau d'excellence en transport terrestre avancé (TTA) dans le cadre du projet ACCORD-Laurentides (Action concertée de coopération régionale de développement).
- Maintenir un bassin de main-d'œuvre qualifiée.
- Renforcer les partenariats avec le gouvernement fédéral.
- Sensibiliser l'opinion à l'importance de l'industrie du VME.

## 4.6 Accroître la part de marché du contenu québécois dans la chaîne d'approvisionnement des VME

### 4.6.1 Soutenir le déploiement d'un réseau d'excellence québécois en transports terrestres avancés (TTA)

#### **RECOMMANDATION 27**

Mettre en place un **Réseau d'excellence québécois en transports terrestres avancés (TTA)**, qui mettrait davantage à contribution les universités québécoises, en synergie avec les entreprises d'ici, pour effectuer une partie de la R&D nécessaire à faire évoluer nos forces industrielles dans le domaine. Un budget conséquent devrait y être alloué, et le *Centre national du transport avancé (CNTA)*, de Saint-jérôme, pourrait coordonner le tout.

*Contexte/explications* : Comme nous l'avons vu à la section 3.2.1, l'expertise en transport avancé est considérable au Québec, et comporte autant des industries, des laboratoires universitaires que des centres de recherche d'envergure, comme celui de l'IREQ. La région des Laurentides, au nord de Montréal, est particulièrement active et s'est vu accorder, en 2007, le statut de *Créneau d'excellence en transport terrestre avancé*, du projet ACCORD (Action concertée de coopération régionale de développement) du MDEIE. Cette région se démarque par la présence d'une main-d'œuvre spécialisée, d'une concentration importante d'assembleurs, de quatre centres d'expertise en transport, d'équipementiers et de sous-traitants. Le CNTA, au cœur de cette région, s'est vu confier le mandat d'assurer le développement stratégique du Créneau d'excellence TTA. Les objectifs principaux sont de faire grossir le secteur industriel des TTA dans la région des Laurentides et au Québec en général, d'être proactif dans la promotion de notre industrie TTA au Canada et à l'étranger, de favoriser le réseautage avec les différents intervenants au Québec, au Canada et à l'étranger, de veiller à la sensibilisation du public, et d'élaborer des stratégies pour répondre aux besoins qui surgissent, comme la formation de personnel qualifié. La coordination d'un Réseau d'excellence québécois en TTA cadre donc très bien dans la mission du CNTA.

*Difficultés potentielles* : Le financement.

*Atténuation des difficultés* : Faire participer les entreprises. Voir la recommandation 6.

#### 4.6.2 Favoriser l'implantation au Québec d'un Institut pancanadien de recherche sur les véhicules à motorisation électrique

##### **RECOMMANDATION 28**

Intervenir auprès du gouvernement fédéral pour obtenir l'établissement au Québec, d'un Institut pancanadien sur le transport à motorisation électrique ainsi que le recommande la feuille de route de MEC/EMC (Mobilité électrique Canada).

*Contexte/explications* : Les innovations majeures réalisées au Québec dans le domaine des batteries et des moteurs électriques, de même que le dynamisme de la région des Laurentides en transport terrestre avancé, placent le Québec dans une position privilégiée pour accueillir l'implantation d'un Institut de recherche pancanadien en mobilité électrique. Surtout que le Québec offre une position très enviable au niveau mondial quant à la propreté et l'abondance de l'électricité qu'on y produit.

*Difficultés potentielles* : L'Ontario voudra sans doute qu'on implante cet Institut à l'intérieur de ses frontières, compte tenu de l'industrie automobile qui s'y trouve.

*Atténuation des difficultés* : Monter un dossier bien étoffé.

#### 4.6.3 Soutenir le déploiement d'un réseau d'excellence en biocarburants de nouvelle génération

##### **RECOMMANDATION 29**

Les véhicules hybrides branchables, qui sont des VME, vont utiliser de l'électricité et du carburant. Il est donc important également de développer notre filière des biocarburants de deuxième génération en soutenant le déploiement d'un réseau d'excellence en biocarburants de nouvelle génération pour accélérer la recherche et le développement déjà sur une bonne voie au Québec.

*Contexte/explications* : La contribution des ingénieurs aux avancées technologiques peut être significative dans toutes les filières renouvelables, et particulièrement en ce qui concerne les nouvelles technologies de production des biocarburants. Le marché des biocarburants au Québec offre une opportunité intéressante aux ingénieurs, notamment grâce à l'introduction des nouvelles exigences du gouvernement fédéral en matière de proportion de carburants renouvelables dans l'ensemble des carburants (5 % dans l'essence d'ici 2012 au Québec et 2 % dans le diesel d'ici 2012). On connaît bien la première génération de biocarburants, mais celle-ci fait face à de nombreux obstacles, dont certains constituent un incitatif au développement des biocarburants de deuxième et de troisième génération. Par exemple, la production des biocarburants de première génération entre en compétition avec la production de nourriture et avec l'élevage pour l'exploitation des terres agricoles. Ce problème est de moindre importance pour la prochaine génération de biocarburants, soit parce que les matières premières ont des rendements plus élevés, soit parce que ces nouveaux

biocarburants sont produits à partir de résidus et n'entrent pas en compétition avec la production des denrées alimentaires pour l'espace cultivable

*Difficultés potentielles* : Problèmes d'approvisionnement en matières premières et de rentabilité. Mauvaise perception des gens concernant les biocarburants. Financement de la recherche.

*Atténuation des difficultés* : Résoudre les problèmes d'approvisionnement en matières premières (résidus ou culture énergétique) pour maximiser la rentabilité des projets et minimiser les émissions de GES associées à leur transport, en utilisant l'ingénierie des systèmes pour, d'une part, analyser la localisation et la disponibilité des matières premières dans le but de localiser les futurs sites de production, ou d'autre part, en déterminant les meilleurs schémas d'approvisionnement des sites de productions.

Sensibiliser la population aux mérites des biocarburants de deuxième génération, qui utilisent pratiquement toute la plante au lieu de seulement les graines et les fruits. Car, les biocarburants de première génération suscitent un débat public sur l'utilisation des terres cultivables pour produire des cultures énergétiques, et les avantages incertains de la réduction des émissions de GES par rapport aux combustibles fossiles. Ces aspects sont nettement meilleurs pour les biocarburants de deuxième génération.

#### 4.6.4 Stimuler l'implantation d'usines de batteries Li-ion au Québec

##### **RECOMMANDATION 30**

Nous l'avons vu à la section 3.2.1, les batteries Li-ion très performantes sont l'une des forces du Québec en TTA. N'oublions pas que les batteries et l'électricité vont devenir l'équivalent du pétrole pour les véhicules à motorisation électrique branchables de demain. Il serait donc hautement souhaitable de faire du Québec une terre d'accueil pour les fabricants de batteries, en stimulant l'implantation d'usines ici.

*Contexte/explications* : [L'Institut de recherche d'Hydro-Québec](#) (IREQ) est désormais reconnu mondialement pour la qualité de ses recherches et de ses découvertes dans le domaine des batteries Li-ion. Le développement de poudres nanométriques de phosphate de fer enrobées de carbone a apporté plus de puissance, une plus grande durée de vie et plus de sécurité dans le monde des batteries Li-ion. La compagnie [Phostech Lithium](#), près de Montréal, issue de ces recherches, verra son usine s'agrandir encore pour devenir la plus grosse usine au monde de fabrication de ces poudres, un constituant essentiel à une gamme très populaire de batteries Li-ion. L'équipe du docteur Zaghbi de l'IREQ a également mis au point une poudre nanométrique de titanate de lithium, qu'ils ont couplée à celle de phosphate de fer pour obtenir [une superbatterie Li-ion pouvant être rechargée à 100 % en 4 minutes plusieurs dizaines de milliers de fois](#), et qui devrait révolutionner le monde des autobus électriques biberonnés et des voitures hybrides rechargeables. Par ailleurs, la compagnie [Canada Lithium](#) devrait ouvrir une mine de Lithium en 2012-2013 près de Val-d'or au Québec. Les ressources estimées sont suffisantes pour fabriquer, pendant 40 ans, un million de batteries par année procurant une autonomie électrique de 100 km à une voiture intermédiaire, de quoi satisfaire à plus que la demande canadienne éventuelle. En fait, **toutes ces conditions sont très attrayantes pour favoriser la venue de gros fabricants mondiaux de batteries, ou encore pour stimuler le démarrage d'une compagnie québécoise.**

*Difficultés potentielles*: Rien de particulier, sauf qu'il faudra effectuer un démarchage solide et bien ficelé.

## 4.7 Accroître la part de l'investissement étranger et le nombre d'entreprises installées au Québec

### 4.7.1 Soutenir les efforts de commercialisation et de valorisation de la propriété intellectuelle

#### **RECOMMANDATION 31**

La créativité ne fait pas défaut au Québec, mais on se doit de la mettre en valeur de façon plus soutenue en favorisant les démarches de protection intellectuelle et de commercialisation.

*Contexte/explications :* Nous avons plusieurs produits intéressants, mais pour que les constructeurs et les investisseurs étrangers s'intéressent à nos technologies, il faut pouvoir les commercialiser et les produire en série. En outre, il importe de bien caractériser le portfolio du Québec en matière de propriété intellectuelle et d'encourager les centres de recherche et les entreprises à protéger leurs actifs en la matière.

*Difficultés potentielles :* Rien de particulier.

### 4.7.2 Utiliser la carte de l'énergie verte pour attirer les entreprises étrangères en TTA

#### **RECOMMANDATION 32**

Les entreprises en TTA, qui ont à cœur leur image corporative écologique, verraient l'empreinte écologique de leurs produits diminuer s'ils étaient fabriqués au Québec, en raison de notre énergie propre qu'on ne retrouve pas autant ailleurs. Il serait judicieux d'utiliser cet atout québécois pour attirer des entreprises étrangères en TTA.

*Contexte/explications :* L'électricité au Québec provient à plus de 95 % d'énergies renouvelables, une situation unique en Amérique, et qui n'est partagée que par la Norvège ailleurs dans le monde.

*Difficultés potentielles :* Rien de particulier.

### 4.7.3 Mettre en place des mesures fiscales incitatives et des prêts à bas taux d'intérêt

#### **RECOMMANDATION 33**

Mettre en place des mesures fiscales incitatives et offrir des prêts à bas taux d'intérêt pour favoriser le démarrage d'entreprises en TTA et inciter des entreprises extérieures à venir s'installer au Québec.

*Contexte/explications :* Mesures usuelles qui ont fait leur preuve.

*Difficultés potentielles :* Le financement.

*Atténuation des difficultés* : C'est un investissement pour créer des emplois et stimuler l'économie. Voir également la recommandation 6.

## 4.8 Accroître la visibilité de l'industrie québécoise du VME dans le monde

### 4.8.1 Soutenir l'essai de voitures électriques sur le sol québécois et le déploiement ciblé d'infrastructures de recharge

#### **RECOMMANDATION 34**

Il est pertinent de mettre à l'essai les véhicules tout électriques en conditions réelles d'utilisation, particulièrement en hiver, et de déployer une infrastructure de recharge à une échelle raisonnable, comme s'appête à le faire Hydro-Québec, avec les cinquante voitures iMiev à Boucherville. Toutefois, il ne faudrait pas se lancer dans la mise en place de grosses infrastructures de recharge un peu partout au Québec et dépenser des sommes considérables. Mieux vaut cibler des flottes précises d'entreprises ou d'institutions publiques avec bornes de recharges restreintes aux stationnements des entreprises, pour le moment.

*Contexte/explications* : Comme nous l'avons vu au chapitre 2, les voitures tout électriques sont appelées à des marchés de niche pour les 20 à 25 prochaines années, dû à leur autonomie limitée, particulièrement en hiver, et au coût des batteries. Les véhicules hybrides branchables sont mieux adaptés pour effectuer une transition moins coûteuse vers la mobilité électrique, tout en offrant les mêmes performances que nos véhicules traditionnels et une autonomie semblable. De plus, les véhicules hybrides branchables peuvent faire le plein dans toutes les stations-service en 5 minutes, même dans les coins les plus reculés, tout en parcourant 80 % de leurs kilomètres à l'électricité ou plus. Ils n'ont pas besoin d'une grosse infrastructure de recharge, puisque leur batterie est beaucoup plus petite et se recharge sans problème avec une prise ordinaire de 110 Volts.

*Difficultés potentielles* : Rien de particulier dans la mesure où l'on procède à des essais limités, et non pas à une implantation massive d'une infrastructure de recharge pour les véhicules tout électriques.

### 4.8.2 Subventionner la réalisation de projets de démonstrations technologiques, notamment un autobus électrique biberonné québécois

#### **RECOMMANDATION 35**

Le gouvernement du Québec a déjà annoncé qu'il allait dégager une somme de 30 millions de dollars pour aider un consortium de compagnies implantées au Québec à développer un autobus électrique québécois. Nous lui suggérons fortement d'inclure dans ce projet un système de biberonnage utilisant la nouvelle technologie de batteries Li-ion à recharge très rapide (nano-titanate), développée à l'Institut de recherche d'Hydro-Québec.

*Contexte/explications* : Les autobus électriques conventionnels utilisent de grosses batteries, pour leur donner une autonomie minimale de 100 à 150 km, et souvent on en achète deux pour pouvoir les échanger sur l'heure du midi, afin que les autobus puissent compléter leur journée. Ces grosses batteries coûtent très cher (surtout pour deux) et alourdissent l'autobus, diminuant ses performances. Un autobus biberonné est équipé d'une petite batterie lui

procurant une autonomie de 25 à 30 km environ, qu'on recharge partiellement à intervalles réguliers, suffisamment pour parcourir la distance de 0,5 à 4 km jusqu'à la prochaine station de recharge rapide (15 à 60 secondes, selon la distance). Les Chinois et les Français développent de tels autobus biberonnés présentement. L'avantage par rapport aux trolleybus c'est qu'il n'y a pas de fils au dessus des rues. Toutefois, ces deux pays utilisent des supercondensateurs pour stocker l'électricité, car il n'y avait pas de batteries capables d'être rechargées très rapidement une centaine de milliers de fois, jusqu'à l'annonce des batteries au nanotitanate de l'IREQ en 2009. Ces batteries sont bien plus légères et compactes que les supercondensateurs, ce qui permet de distancer davantage les postes de recharge et d'en installer moins. Nous pourrions développer une filière d'autobus électriques biberonnés en avance sur la compétition, et stimuler notre économie en excellant dans l'un des créneaux de l'électrification des transports. Pour plus de détails, voir la section 2.3.1.

*Difficultés potentielles* : Rien de particulier.

# Conclusion générale

L'étude du RéseauQ intitulée *Le développement énergétique du Québec dans un contexte de développement durable*, parue au printemps 2009, faisait déjà état de plusieurs recommandations en lien avec l'efficacité énergétique, l'optimisation du transport ou encore l'utilisation des biocarburants. Le présent avis s'inscrit donc dans la continuité des préoccupations du RéseauQ et a pour vocation de contribuer aux discussions sur les défis liés au VME et à la mobilité durable. Ces réflexions ont pour vocation de sensibiliser et d'accompagner les ingénieurs et les décideurs sur les changements à venir. Elles s'efforcent également de proposer des conditions d'émergence et de succès d'une filière industrielle performante, illustrées par des exemples de réussites à l'international.

Au cours des prochaines semaines, le gouvernement s'engagera sur deux fronts majeurs en matière de mobilité : un plan d'action sur le VME et la mise à jour de la politique québécoise du transport collectif parue en 2006, intitulée *Pour offrir de meilleurs choix aux citoyens*. Cette politique s'inscrit directement dans la mise en œuvre du développement durable en raison des dimensions économique, environnementale et sociale liées à l'utilisation du transport collectif et à son accessibilité. À l'heure où les sociétés des transports semblent plus motivées que jamais à prendre le virage de l'électrification, il serait bien malheureux que ces deux dossiers ne trouvent pas de synergie autour de l'enjeu de la mobilité durable. Notre avis tente de dresser quelques idées qui contribueront à cet arrimage, dans la perspective de réduire notre dépendance énergétique au pétrole et, en corollaire, notre empreinte écologique.

En outre, nos propositions mettent en exergue l'importance de la contribution des ingénieurs pour relever ces défis et la nécessité impérieuse de leur donner les moyens d'accomplir ce que la société attend d'eux. Que l'on pense à l'électrification des transports personnels, collectifs et des marchandises, ou encore au développement d'une industrie associée à la production en tout ou en partie de VME et de leurs composantes (batteries, bornes de recharges, etc.), les ingénieurs occuperont une place centrale dans le déploiement de technologies propres, en harmonie avec le changement de paradigme attendu.

# Lectures complémentaires

***L'innovation dans la chaîne logistique des marchandises***, par le Conseil de la science et de la technologie (CST), Québec, 2010.

***Le développement énergétique du Québec dans un contexte de développement durable***, par ÉcoRessources consultants et Réseau des ingénieurs du Québec, 30 avril 2009. Téléchargement sur le site du Réseau IQ à [www.reseauiq.qc.ca](http://www.reseauiq.qc.ca), dans la rubrique *Affaires publiques*, à la section *Enquêtes et études*.

***Au bout du pétrole***, par Normand Mousseau, Éditions MultiMondes, Québec, 2008. Voir également le site Au bout du pétrole à [www.auboutdupetrole.ca](http://www.auboutdupetrole.ca).

***Rouler sans pétrole***, par Pierre Langlois, Éditions MultiMondes, Québec, 2008. Voir également l'infolettre **Transport 21** à [www.planglois-pca.com](http://www.planglois-pca.com).

***L'Avenir du Québec passe par l'indépendance énergétique***, par Normand Mousseau, Éditions MultiMondes, Québec, 2009.

***Pour un Québec libéré du pétrole en 2030***, par Thomas Duchaine et Hugo Séguin (Équiterre), septembre 2009. Téléchargement sur le site d'Équiterre [www.equiterre.org](http://www.equiterre.org), dans la rubrique *Choix de société*, à la section *Dossiers*.

***Feuille de route du Canada sur la technologie des véhicules électriques***, par Mobilité électrique Canada, 2010. Téléchargement sur le site de *Mobilité électrique Canada* à [www.emc-mec.ca/fr/feuillederoute.php](http://www.emc-mec.ca/fr/feuillederoute.php).

***Perspective concernant le véhicule «grand public» d'ici 2030***, par J. Syrota et al., Centre d'analyse stratégique, octobre 2008. Téléchargement à [www.strategie.gouv.fr](http://www.strategie.gouv.fr). Tapper *Syrota véhicule 2030* dans la boîte de recherche.

***Eastern Canadian crude oil supply and its implications for regional energy security***, par Larry Hughes, dans *Energy Policy*, numéro 38, 2010, pages 2692 à 2699. Téléchargement de la version de novembre 2009 à l'adresse <http://dclh.electricalandcomputerengineering.dal.ca/enen/index.html>.

***CRUDE OIL, Forecast, Markets & Pipelines***, par l'Association canadienne des producteurs de pétrole (Canadian Association of Petroleum Producers), juin 2010. Téléchargement à <http://www.capp.ca/forecast/Pages/default.aspx#e4zTpApECMFt>.

***Unconventional Oil – Scrapping the bottom of the barrel?***, par James Leaton et al., de l'Organisation WWF, 2008. Téléchargement à [www.panda.org/oilsands](http://www.panda.org/oilsands).

***Truck Efficiency and GHG Reduction Opportunities in the Canadian Truck Fleet***, par M. Ogburn et L. Ramroth, Rocky Mountain Institute, 2007. Télécharger à [www.rmi.org/rmi/Library/T07-10\\_TruckEfficiencyGHGReduction](http://www.rmi.org/rmi/Library/T07-10_TruckEfficiencyGHGReduction).

