

Rouler sans pétrole c'est possible!

Pierre Langlois, Ph.D.
8 décembre 2014

Dans le présent document, vous trouverez l'information pertinente pour les alternatives viables au pétrole dans les transports, de même que les avertissements pour les carburants alternatifs qui s'éloignent du développement durable. Voici le sommaire :

1. **L'électrification des transports**
2. **Le biométhane et le biogaz**
3. **Les biocarburants liquides**
 - **Le biodiesel**
 - **L'éthanol**
 - **Les biocarburants de substitution**
4. **Les biocarburants alguaux et l'hydrogène ?**
 - **Les biocarburants à base de micro algues, un bémol**
 - **L'hydrogène, un non-sens**
5. **Conclusion**

1. L'électrification des transports

Les voitures entièrement électriques roulent déjà sur nos routes, avec des autonomies de 120 à 130 km dans la vraie vie, ce qui est suffisant pour les déplacements quotidiens. Pour les plus longs trajets, les voitures électriques avec un prolongateur d'autonomie à moteur thermique peuvent rouler plus de 500 km avec une pleine charge et un réservoir rempli de carburant. C'est le cas de la Chevrolet Volt qui a 60 km d'autonomie électrique sur sa batterie, après quoi un moteur à essence prend la relève et actionne un générateur qui recharge la batterie en cours de route. On peut aller aussi loin qu'on veut en faisant le plein aux stations-service. À terme, au lieu de l'essence on pourra utiliser du biogaz ou des biocarburants liquides de deuxième génération (voir les sections suivantes).

Par ailleurs, il est déjà prévu que la Chevrolet Volt 2016 ait une autonomie électrique de l'ordre de 75 km, ce qui veut dire qu'une grande majorité des gens vont parcourir 90 % de leurs kilomètres à l'électricité, en se rechargeant tous les jours. Il ne restera que 10 % des kilomètres à parcourir avec des carburants alternatifs, ce qui représente 7 % environ du carburant consommé par une voiture à essence traditionnelle d'aujourd'hui, dans une année. En effet, les voitures hybrides (un moteur électrique et un moteur thermique) consomment 30 % moins de carburant. C'est cette petite quantité requise en carburant (7 %) qui rend l'utilisation des biocarburants 2G possible de façon durable.

Sans compter que l'introduction de nouveaux matériaux plus légers pour les véhicules et les améliorations prévisibles des moteurs thermiques d'ici 10 ans vont faire encore baisser le besoin en carburant, vraisemblablement jusqu'à 5 % au lieu de 7 %. **En 2025, les véhicules électriques à prolongateur d'autonomie vont donc consommer 20 fois moins de carburant qu'un véhicule à essence d'aujourd'hui, tout en utilisant des carburants alternatifs, sans limite d'autonomie. On aura alors également des voitures entièrement électriques avec des autonomies de 300 à 400 km à un prix abordable, qu'on pourra recharger en 20 minutes à des postes de recharge rapides.**

Certains se disent que les voitures électriques coûtent cher, mais n'oublions pas qu'il y a un rabais de 8 000 \$ à l'achat en provenance du gouvernement québécois, et qu'on peut économiser de 10 000 \$ à 20 000 \$ en carburant sur la vie du véhicule. Sans compter que l'entretien coûte de l'ordre de 30 % moins cher.

Mais la cerise sur le gâteau c'est qu'**au Québec nous avons les quatre As dans notre jeu en ce qui concerne l'électrification des transports :**

- **premier As** : 99 % de notre électricité est produite à partir d'énergies renouvelables non polluantes et n'émettant pratiquement pas de gaz à effet de serre
- **deuxième As** : l'électricité est abondante (3 fois plus par habitant que les Californiens ou les Français)
- **troisième As** : l'électricité est bon marché (3 fois moins cher que dans certaines villes étasuniennes)
- **quatrième As** : puisqu'on doit envoyer des milliards de dollars à l'étranger pour acheter notre pétrole, on améliore notre balance commerciale donc notre économie en utilisant NOTRE électricité.

Notre énergie électrique renouvelable et abondante est une situation très avantageuse que beaucoup nous envie. C'est notre or bleu.

Nous avons même un surplus d'électricité, évalué à 75 TWh pour la période 2014-2023 selon Hydro-Québec (www.hydroquebec.com/developpement-durable/energie-environnement/equilibre-offre-demande.html), soit 7,5 TWh par année en moyenne (plus de surplus que la moyenne au début et moins à la fin), pour cette période. Sachant que la consommation en électricité des Québécois a été de 173,3 TWh en 2013 selon le rapport annuel d'Hydro-Québec, le surplus représente donc 4,3 % de notre consommation. Or, dans le livre *Rouler sans pétrole* de Pierre Langlois (Éditions MultiMondes, 2008), on démontre qu'avec 7 % de l'électricité consommée au Québec on peut électrifier 70 % des kilomètres de tous les véhicules routiers du Québec. Par conséquent, **avec nos surplus d'électricité on pourrait électrifier plus de 40 % des véhicules routiers du Québec. Raison de plus pour faire le virage électrique.**

2. Le biométhane et le biogaz

Lorsqu'on enfouit nos déchets organiques ou les boues desséchées des usines d'épuration d'eaux usées dans nos dépotoirs, la fermentation de ces matières fait en sorte qu'il se dégage du méthane, aussi appelé biométhane pour identifier sa production par des organismes vivants (bactéries). Ce gaz est bien plus actif pour le réchauffement climatique que le dioxyde de carbone (CO₂) émis par la combustion du pétrole. Sur 100 ans, le potentiel de réchauffement planétaire du méthane est 35 fois plus élevé que celui du CO₂, alors qu'il est 86 fois plus élevé lorsqu'on considère une période de 20 ans ¹.

Or le méthane, qui est également le principal constituant du gaz naturel, peut servir de carburant et faire fonctionner des moteurs thermiques, en remplacement de l'essence ou du diesel. On a donc tout intérêt à valoriser nos déchets organiques en produisant du biométhane dans des biométhaniseurs industriels au lieu d'avoir recours à l'enfouissement.

Sans compter que c'est une énergie renouvelable. La combustion du biométhane dans un moteur émet du CO₂ qui sera capté par les plantes pour revenir dans nos assiettes. Nos déchets organiques et excréments vont à nouveau se retrouver dans les usines de production de biométhane et le cycle recommence. De plus, il ne faut pas oublier qu'on réduit de beaucoup nos GES du fait qu'on n'enfouit plus nos déchets organiques ni les boues des usines d'épuration. **Selon l'Association québécoise de la production d'énergie renouvelable, le biométhane réduit de 90 % la production de GES comparativement à l'utilisation de carburant diesel**².

En fait, les biométhaniseurs ne produisent pas uniquement du méthane mais également du CO₂ et des traces d'autres gaz. On appelle ce mélange du biogaz. Il contient en moyenne 60 % de méthane et 37 % de CO₂. Pour comparaison, le gaz naturel contient environ 95 % de méthane. Par ailleurs, le résidu solide du processus de biométhanisation peut être utilisé comme compost pour fertiliser les sols.

Pour l'utilisation du biogaz comme carburant dans les véhicules, généralement on le raffine afin d'enlever du CO₂, qui ne fournit pas d'énergie lors de la combustion. On augmente ainsi le contenu en énergie du biogaz, pour un volume donné. On peut comprimer le biogaz dans des réservoirs sous pression ou le liquéfier pour l'utiliser dans les véhicules munis de réservoirs cryogéniques.

On a donc besoin d'une infrastructure dédiée pour approvisionner les véhicules. C'est la raison pour laquelle on utilise généralement le biogaz pour les flottes captives de véhicules qui reviennent au stationnement de l'entreprise à chaque jour. On installe alors un poste de ravitaillement à l'entreprise. Les camions municipaux pour la collecte des ordures sont un

¹ Pour plus d'informations sur le potentiel de réchauffement du méthane, voir la fiche de l'AQLPA www.aqlpa.com/sites/default/files/publications-aqlpa/prp_methane-fiche_technique.pdf

² Voir la section Biogaz sur le site de l'AQPER à www.aqper.com.

bel exemple. On peut également alimenter des camions lourds qui transportent des marchandises entre deux villes. On installe alors un poste de ravitaillement en biogaz liquide dans chacune des deux villes.

L'utilisation du gaz naturel en substitution de l'essence ou du carburant diesel ne nous apparaît pas comme une alternative durable pour les transports, contrairement au biogaz. Le gaz naturel a mis des millions d'années à se former sous terre, et lorsqu'on fore un puits pour aller le chercher il ne fait qu'augmenter les GES dans l'atmosphère.

Par ailleurs, on vente souvent le fait que le gaz naturel émet 25 % moins de GES que le carburant diesel. C'est vrai, mais seulement lorsqu'on considère uniquement la combustion du carburant dans le moteur. En prenant en compte les GES qui résultent de l'extraction et de la distribution du gaz naturel, c'est là que ça se gâte. N'oublions pas que le gaz naturel est composé à 95 % de méthane, dont le potentiel de réchauffement climatique est 35 fois supérieur à celui du CO₂, sur une période de 100 ans. Ainsi, une fuite de gaz naturel inférieure à 1 % de sa production va effacer ce 25 % de gain à la combustion dans le moteur.

À cet égard, des résultats inquiétants ont été obtenus en 2012 par des chercheurs de l'Université du Colorado et de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), qui ont mesuré les fuites de méthane bien supérieures à ce qu'on pensait, dans des champs gaziers du Colorado et de l'Utah. Ils ont démontré des taux de fuite allant jusqu'à 4 % au Colorado et jusqu'à 9 % en Utah³. À ces fuites, on doit ajouter celles qui résultent de la distribution du gaz naturel.

Par conséquent, les émissions de GES du gaz naturel seraient bien supérieures à celles des carburants pétroliers sur le cycle de vie complet du carburant.

Pour revenir au biogaz raffiné en biométhane, une étude réalisée par Pluritec en 2013⁴ fait état d'une possibilité de remplacer 24 % de notre consommation de gaz naturel au Québec, en prenant en compte également les résidus agricoles (55 % du gisement de biogaz), en plus des matières résiduelles municipales (45 % du gisement). Une telle quantité pourrait déplacer le pétrole pour 444 000 véhicules légers ou 100 000 véhicules lourds, selon l'étude Pluritec. Toujours selon cette étude, vu sous un autre angle ce gisement de biogaz représente également 30 % de la consommation de diésel au Québec.

C'est donc dire qu'on pourrait remplacer environ 10 % des carburants pétroliers (essence et diesel) consommés présentement par les véhicules routiers au Québec, si

³ Voir l'article de Jeff Tollefson, « *Methane leaks erode credentials of natural gas* », revue *Nature*, vol. 493, numéro 12, 3 janvier 2013. En ligne ici www.nature.com/news/methane-leaks-erode-green-credentials-of-natural-gas-1.12123

⁴ Pluritec, « *Le biogaz raffiné en biométhane pour les véhicules; un excellent moyen de réduire les GES au Québec* », mémoire déposé dans le cadre de la commission sur les enjeux énergétiques du Québec du gouvernement du Québec, 11 octobre 2013. Disponible ici www.mern.gouv.qc.ca/energie/politique/memoires/20131011_396_PLURITEC_M.pdf

tout le gisement de biogaz était utilisé à cette fin. Ça semble peu, mais n'oublions pas qu'avec une flotte de véhicules tout électrique et de véhicules électriques avec prolongateur d'autonomie thermique, on n'a besoin que de quelques pourcents de ce que la flotte québécoise de véhicules routiers consomme présentement en carburants pétroliers.

3. Les biocarburants liquides

Les biocarburants liquides ont l'avantage d'être plus faciles à manipuler que le biométhane, car on peut les distribuer dans les stations-service existantes, avec des réservoirs et de la tuyauterie appropriés, à la pression ambiante. On n'a pas besoin de compresseur avec des réservoirs sous pression, ou de liquéfacteur avec des réservoirs cryogéniques.

Ils sont généralement produits à partir de la biomasse ou de résidus et déchets organiques, donc renouvelables. Mais, on peut également utiliser tout ce qui contient du carbone et de l'hydrogène, comme du plastique, des vieux pneus ou des tissus. Il suffit d'utiliser la technologie appropriée.

Le biodiesel et l'éthanol, les deux types de biocarburants liquides les plus courants présentement, sont biodégradables et par conséquent ne causent pas de problèmes environnementaux en cas de déversement, comme c'est le cas pour les carburants pétroliers.

On peut également imiter la formulation chimique des carburant pétroliers en synthétisant des *biocarburants de substitution* à partir de la biomasse. Ces carburants peuvent être employés dans les véhicules à essence ou diesel sans restriction et utiliser les stations-service existantes sans modifications. Pa contre, ils ne sont pas biodégradables.

Il est également possible de mélanger de l'éthanol avec un biocarburant de substitution de l'essence ou du biodiesel avec un biocarburant de substitution du diesel.

Le biodiesel

La fabrication du biodiesel s'effectue à partir d'huiles végétales ou de gras animal. Pour diminuer la viscosité des huiles extraites ou des gras fondus, on les fait réagir avec de l'alcool. C'est ce qu'on appelle la transestérification. **La fabrication du biodiesel est un procédé simple et peu coûteux, surtout lorsqu'on utilise des huiles usagées (huiles de friture) ou du gras animal rejeté des abattoirs**, ce qui est préférable pour l'environnement.

On peut utiliser le biodiesel dans les moteurs diesel traditionnels dans toutes les proportions. Toutefois, sa plus grande viscosité ne permet pas de l'utiliser avec une concentration supérieure à 5 %, l'hiver, dans les pays nordiques, à moins d'avoir un système de chauffage pour le carburant. Pour ce qui est de la nomenclature, on parle de B5, B20 ou B100, selon que le carburant contient 5 %, 20 % ou 100 % de biodiesel. D'autres dosages

sont également possibles.

Le Conseil québécois du biodiesel (CQB), dans un mémoire⁵ soumis au gouvernement québécois, estimait qu'il y a au Québec un potentiel pour fabriquer 206 millions de litres de biodiesel à partir des graisses animales récupérées et 65 millions de litres à partir des huiles de friture recyclées. Or, 271 millions de litres de biodiesel, au total, représentent environ 5 % du carburant diesel consommé au Québec en 2011 (4,65 Mtep, soit 5,4 milliards de litre de diesel)⁶. En considérant un taux de récupération de 50 %, il est donc pensable d'en produire 2,5 % à partir des ressources que nous venons de mentionner. Ce biodiesel pourrait être mélangé à un biocarburant de substitution du diesel dans diverses proportions, selon la température extérieure.

L'éthanol

L'éthanol, c'est l'alcool qu'on retrouve dans les boissons alcoolisées, comme la bière et le vin. On peut le produire de différentes façons, dont la plus connue est la fermentation de fruits ou de céréales.

Au Brésil, on le produit à partir du jus sucré de la canne à sucre, et en Amérique du Nord ce sont les grains de maïs qu'on fait fermenter. **Plusieurs études ont démontré qu'il n'y avait pratiquement pas de gains au niveau des GES avec l'utilisation des grains de maïs, alors que la culture intensive de cette céréale dégrade les sols et l'environnement. De plus, la production d'éthanol à partir de maïs entre en compétition avec la production alimentaire, ce qu'il faut éviter. Ce n'est donc pas la voie à suivre.**

On développe présentement d'autres technologies de fabrication de l'éthanol dites de deuxième génération (2G). L'une d'elles fait toujours appel à la fermentation, mais on y ajoute des étapes pour permettre l'utilisation d'une plante dans son entier, et non seulement de ses fruits et ses graines. On décompose les fibres de la plante en amidon qu'on fait fermenter par la suite pour produire de l'éthanol. C'est la filière biologique.

On développe également une filière thermo-chimique qui consiste à chauffer des matières carbonées dans une atmosphère pauvre en oxygène, ce qui dissocie les molécules et produit du gaz de synthèse constitué principalement de monoxyde de carbone et d'hydrogène. On fait ensuite réagir ce gaz de synthèse chimiquement avec des catalyseurs pour produire du méthanol, un alcool qu'on transforme par la suite en éthanol.

⁵ Conseil québécois du biodiesel (CQB), *Le biodiesel*, mémoire soumis au gouvernement du Québec dans le cadre de la commission de l'économie et du travail, janvier 2005. Téléchargement: www.oleotek.org/FichiersUpload/Softsystem/CQB.pdf.

⁶ Voir le site Énergie et ressources naturelles Québec <http://www.mern.gouv.qc.ca/energie/statistiques/statistiques-consommation-petroliers.jsp>

C'est le procédé utilisé par la compagnie québécoise **Enerkem** (www.enerkem.com), qui vient d'ouvrir une usine de production à Edmondton en juin 2014. Présentement ils produisent du méthanol, et le module avancé de production d'éthanol devrait entrer en fonction à la fin 2015. La matière première provient des déchets municipaux. **Si tout va bien, cette compagnie espère produire 360 litres d'éthanol par tonne sèche de déchets, et atteindre une réduction des GES par rapport à l'essence de 80 %, en tenant compte du fait qu'on récupère des déchets qui seraient normalement enfouis**⁷.

Tous les véhicules à essence peuvent accepter jusqu'à 10 % d'éthanol dans leur essence. Au-delà de ce pourcentage, il faut effectuer des modifications. Les véhicules dits Flexifuel peuvent accepter jusqu'à 85 % d'éthanol et toutes les proportions inférieures. Les paramètres du moteur s'ajustent automatiquement en fonction du mélange. Ces voitures sont très populaires au Brésil. Il faut toutefois au moins 15 % d'essence (ou de bioessence de substitution) dans le mélange, afin de pouvoir démarrer à des températures inférieures à 10°C. Pour les températures sous 0°C, il faut diminuer la proportion d'éthanol dans le mélange.

À l'heure actuelle, les biocarburants de deuxième génération (G2) sont produits dans des usines pilotes, à une échelle précommerciale. On peut en produire beaucoup plus pour une surface de culture donnée, comparativement aux biocarburants de première génération (G1). **Cette plus grande productivité à l'hectare des biocarburants G2 est due, entre autres, à la possibilité d'utiliser les plantes au complet pour les fabriquer et non seulement les graines ou les fruits.**

Cette possibilité permet également de prendre comme matière première des hautes herbes des prairies, dont les tiges atteignent 3 à 4 mètres de hauteur en une saison, tout en nécessitant peu d'eau, peu d'engrais, pratiquement pas d'insecticides et beaucoup moins de travail de la terre. En fait, les hautes herbes, comme le panic érigé (*switchgrass*) et le miscanthus, sont des plantes vivaces qu'on n'a pas besoin de replanter avant 10 ou 15 ans et qui protègent contre l'érosion des sols. De plus, ces plantes des prairies peuvent pousser dans des terres normalement impropres à la culture et, de ce fait, ne diminuent pas la superficie disponible pour les cultures alimentaires.

Les biocarburants de substitution

Le biodiesel et l'éthanol peuvent être considérés comme des biocarburants de transition qu'on pourra diluer avec ce qu'on appelle les biocarburants de substitution. Ces derniers ont une formulation chimique pratiquement identique à celle des carburant pétroliers, mais sont synthétisés à partir de la biomasse.

⁷ Voir la fiche de Inno-centre ici www.inno-centre.com/services/evaluation-technico-commerciale/technologies/usine-de-production-de-biocarburants-a-partir-de-dechets.html

Leur gros avantage est de ne requérir aucune modification des moteurs thermiques existants ni des infrastructures pour faire le plein. On peut les mélanger dans toutes les proportions avec les carburants pétroliers, et conserver les mêmes propriétés de ces carburants en fonction de la température. La transition vers les biocarburants de substitution sera donc plus facile.

Selon l'information disponible sur le site de l' *Advanced Biofuel Association* («Association des biocarburants évolués», <http://advancedbiofuelsassociation.com>), il est prévu que plus d'une vingtaine de bioraffineries pour les biocarburants de substitution vont être en opération en Amérique du Nord en 2020, et autant en projet. Plusieurs compagnies construisent présentement des usines pilotes pour valider à plus grande échelle les résultats obtenus en laboratoire.

N'oublions pas que les biocarburants de substitution sont produits à partir de matières renouvelables (déchets municipaux, boues des usines d'épuration, huiles végétales et gras animal recyclés, culture de plantes appropriées, algues, résidus forestier, résidus agricoles). De ce fait, et compte tenu que le carbone rejeté dans l'atmosphère est réabsorbé par les plantes (cycle du carbone), les gaz à effet de serre sont beaucoup moindre que ceux émis par les carburants pétroliers. Les bonnes technologies de production de biocarburants de substitution affichent entre 60 % et 80 % de réduction de GES.

Par ailleurs, n'oublions pas que **ces carburants de substitution vont être utilisés dans des véhicules électriques avec prolongateur d'autonomie, capables de rouler 60 km à 100 km à l'électricité** sur une pleine charge de leur batterie. Ces véhicules vont donc rouler en mode carburant essentiellement à l'extérieur des villes, lors de longs trajets interurbains. De plus, ils vont consommer 20 fois moins de carburant dans une année que les véhicules traditionnels d'aujourd'hui (voir la section 1. *L'électrification des transports*). **Les GES annuels produits par de tels véhicules, à partir de leurs biocarburants de substitution, vont donc être 50 à 100 fois moindres !**

4. Les biocarburants alguaux et l'hydrogène ?

Certains carburants alternatifs apparaissent intéressants à première vue pour rouler sans pétrole, mais quand on y regarde de plus près, on réalise qu'on doit mettre un bémol pour les «biocarburants» alguaux, et qu'il y a un non-sens pour l'hydrogène.

Les biocarburants à base de micro algues, un bémol

Les micros algues sont des organismes microscopiques qui peuvent doubler, voire quadrupler leur masse en une journée d'été bien ensoleillée. Il suffit de les placer dans de l'eau, qui n'a pas besoin d'être potable et peut même être salée, d'y ajouter des nutriments, comme les boues des usine d'épuration, et de les alimenter avec le CO₂ émis par une centrale électrique ou une cimenterie. De plus, puisque la culture est hydroponique, il n'y a aucun besoin d'utiliser des terres arables pour les cultiver, n'importe quel sol fait l'affaire.

Certaines de ces micros algues contiennent jusqu'à 40 % d'huile végétale, qui peut être extraite pour fabriquer du biodiesel. D'autres algues produisent des quantités importantes d'amidon qui peut être transformé en éthanol. La surface requise pour leur culture est plus de 50 fois inférieure à celles des plantes oléagineuses que l'on cultive.

La compagnie Sapphire Energy (<http://www.sapphireenergy.com>), aux Etats-Unis, a découvert/modifié une micro algue qui produit directement un mélange d'hydrocarbures très similaire à celui du pétrole brut. Leur biopétrole peut être envoyé dans n'importe quelle raffinerie conventionnelle pour la production d'essence, de diesel, ou de kérosène.

Toutefois, lorsque le CO₂ qui alimente les algues provient de la combustion de carburants fossiles, il faut bien comprendre que les «biocarburants» issus de cette production ne font que retarder l'émission des GES des carburants fossiles, qui normalement sont séquestrés sous terre. Dans ce sens, ce sont des «biocarburants hybrides» non renouvelables.

Pour qu'ils soient renouvelables, il faudrait les alimenter avec le CO₂ contenu dans l'air, mais les rendements seraient alors bien moindres, et on aurait besoin de plus grandes superficies, ce qui ferait monter les coûts de production. Or, un des plus grands défis actuels des biocarburants alguaux consiste justement à réduire leur coût de production...

L'hydrogène, un non-sens

Lorsque l'hydrogène se combine avec l'oxygène de l'air dans une pile à combustible (PAC) pour produire de l'électricité, il se dégage de la vapeur d'eau, donc aucune pollution. L'électricité produite peut alimenter une voiture électrique à la place d'une batterie, et on peut faire le plein d'hydrogène en 5 minutes pour parcourir 500 km.

À première vue les voitures à PAC - hydrogène semblent magnifiques. Elles sortent sur le marché en 2015. C'est du moins ce qu'a annoncé Toyota, lorsqu'ils ont présenté la Toyota Mirai à l'automne 2014.

La voiture comme telle est une prouesse technologique, mais là n'est pas le problème. Le problème se situe au niveau de la production et de la distribution de l'hydrogène. Pour ceux qui voudraient plus de détails sur les faits mentionnés ci-après, vous êtes invités à consulter le livre *Rouler sans pétrole* de Pierre Langlois (Éditions MultiMondes, 2008). Le chapitre 3 (35 pages) est entièrement consacré à la problématique de l'hydrogène dans les transports.

Ce qu'il faut savoir, c'est que l'hydrogène n'existe pas à l'état pur sur la Terre. Il est soit combiné à du carbone dans les plantes, qui se transforment à terme en carburants fossiles, soit combiné à de l'oxygène pour former de l'eau. Or, 95 % de l'hydrogène sur la planète est produit à partir de carburants fossiles, principalement du gaz naturel. N'oublions pas que 40 % du gaz naturel en Amérique du Nord est du gaz de schistes. **L'hydrogène est donc en bonne partie du gaz de schiste déguisé en carburant vert. Si la voiture à hydrogène n'émet pas de CO₂ au bout de son tuyau d'échappement, l'usine de fabrication**

d'hydrogène en émet autant que si l'on conduisait des voitures à essence hybrides ordinaires consommant 5 litres/100 km.

Certains vont dire qu'on peut produire de l'hydrogène à partir de l'électrolyse de l'eau en utilisant des énergies renouvelables, comme nos barrages hydroélectriques au Québec. C'est bien sûr faisable et on n'émet alors presque pas de GES. Le problème c'est que c'est une utilisation extrêmement inefficace de notre électricité, puisque ce faisant on consomme 3 fois plus d'électricité qu'une voiture électrique à batterie pour un même nombre de kilomètres parcourus. Or, consommer trois fois plus d'énergie pour effectuer la même tâche ce n'est pas du développement durable. Sans compter que l'hydrogène produit par électrolyse coûte beaucoup plus cher que celui produit à partir du gaz naturel, pour lequel le prix est déjà environ le double du prix de l'essence. Le prix de l'électricité, lui, est environ 8 fois moins cher que le prix de l'essence au Québec...

Par ailleurs, avec des véhicules à hydrogène il faut implanter une nouvelle infrastructure de distribution (plus coûteuse que les stations-service actuelles) puisque l'hydrogène est un gaz qu'il faut fortement comprimer pour remplir le réservoir d'un véhicule. Ça prend donc des compresseurs et un système de sécurité sans faille, car l'hydrogène est un gaz explosif. De plus, on a besoin de 16 camions-citernes pour remplir les réservoirs d'une station-service d'hydrogène avec la même quantité d'énergie que celle contenue dans un seul camion d'essence! Un problème logistique sous-estimé.

Par conséquent, en y regardant de plus près, les voitures à hydrogène sont loin d'être la panacée qu'on voudrait bien nous faire croire. Ce ne sont pas les milliards de dollars dépensés par les constructeurs d'automobiles, ni les législations des gouvernements qui vont changer les lois de la physique.

5. Conclusion

Nous avons vu à la section 1, que les véhicules tout électrique à batterie et les véhicules électriques avec prolongateur d'autonomie (autonomie électrique de 60 km à 100 km) pourraient réduire notre consommation de carburant d'un facteur 20.

On n'aurait donc besoin que de l'équivalent de 5 % de notre consommation de pétrole actuelle, sous forme de biocarburants renouvelables et durables. La petite quantité requise et l'évolution des technologies de production font en sorte qu'on pourrait utiliser pour les fabriquer les déchets municipaux, les boues des usines d'épuration, les huiles végétales usées de l'industrie alimentaire, ou les résidus agricoles et forestiers.

Pas question de cultiver du maïs pour fabriquer de l'éthanol, ce qui ne constitue pas une façon durable de faire des biocarburants. En utilisant les matières premières mentionnées plus haut et les technologie appropriées, plusieurs biocarburants de deuxième génération pourraient compléter l'électricité pour déplacer le pétrole : biométhane, biodiesel, éthanol,

ou encore biocarburants de substitution. Ces derniers ayant une formulation chimique pratiquement identique aux carburants pétroliers (essence et diesel), pourraient utiliser les mêmes moteurs sans modifications et la même infrastructure de distribution déjà en place. Ils pourraient être mélangés avec l'essence ou le diesel dans n'importe quelle proportion, tout en maintenant les mêmes propriétés, facilitant ainsi la transition.

La réduction des GES sur le cycle de vie des biocarburant durables (60 % à 80 % moins que les émissions des carburants pétroliers) couplé à une réduction d'un facteur 20 de la consommation de carburant fait en sorte que la flotte de véhicules routiers émettrait 50 à 100 fois moins de GES que présentement. De plus, comme les véhicules électriques à prolongateur d'autonomie qui utiliseraient ces biocarburants vont avoir une autonomie électrique de 60 km à 100 km, les émissions vont se limiter aux longs trajets, à l'extérieur des villes.

Enfin, nous avons vu que les biocarburants algaux ont besoin de CO₂ issu des carburants fossiles pour leur production, ce qui apporte un bémol à leur utilisation. Par ailleurs, l'hydrogène étant produit à partir des carburants fossiles ne constitue pas une alternative viable à ces derniers. La filière de production d'hydrogène par électrolyse de l'eau avec des énergies renouvelables non polluantes est trop inefficace (3 fois plus de consommation d'électricité que pour une voiture électrique à batterie) et l'hydrogène coûterait trop cher.

Ce n'est plus le temps du pétrole sale, mais plutôt celui des véhicules électriques alimentés avec de l'électricité issue des rayons du soleil, du vent, ou de la pluie qui s'accumule dans les barrage! Les biocarburants propres de deuxième génération vont compléter l'électricité pour déplacer le pétrole, en assurant des autonomies illimitées aux véhicules, le temps que les infrastructures de recharge rapide se mettent en place et que la technologie des batteries se perfectionne (batteries plus légères et moins chères).

Par ailleurs, pour faire face aux pannes électriques majeures prolongées éventuelles, il sera toujours judicieux de conserver un peu de carburant pour assurer une redondance énergétique aux véhicules stratégiques (autobus, trains, ambulances, voitures de police, camions de pompier, camions sanitaires) et à une partie de la flotte de véhicules routiers. Sinon nous serions trop vulnérables avec seulement des véhicules tout électrique et des réseaux électriques centralisés.

Pierre Langlois, Ph.D., physicien

Consultant en mobilité durable,
auteur et conférencier

Téléphone : 418-875-0380
Courriel: pierrel@coopcscf.com
Site Internet: www.planglois.com