

Mémoire présenté dans le cadre de la consultation pour l'élaboration du plan d'électrification  
et de changements climatiques (PECC)

Paul Martin, ing, Ph.D

Retraité

Ce mémoire propose un plan d'électrification des transports qui s'appliquerait à tout le  
Québec et qui se détaille selon trois volets : le transport collectif urbain, le transport collectif  
interurbain et le transport individuel.

Adresse : 116 Ferland, Sorel-Tracy, QC

J3P 6T6

Courriel : [paulmartin@videotron.ca](mailto:paulmartin@videotron.ca)

Tél. : 450-742-8621

## Résumé

Les nombreux événements extrêmes de la météo, la fonte des glaciers en Antarctique et au Groenland, les rapports du GIEC sur les changements climatiques ont convaincu une très grande majorité de gens qu'il fallait faire quelque chose pour sauver la planète. Cela a culminé avec les accords de Paris en 2015. Plus près de nous au Québec, les inondations régulières au printemps et l'érosion des berges en Gaspésie et sur la Côte nord témoignent des changements climatiques. On sait qu'il y a une corrélation entre l'augmentation de la température et les émissions de gaz à effet de serre, GES, causées par les activités humaines. On se doit donc de passer à l'action. La mairesse de Montréal, madame Valérie Plante, a annoncé devant l'Assemblée de l'ONU sur le climat, qui s'est tenue le 23 septembre dernier, qu'elle comptait réduire de 55% les émissions de GES d'ici 2030. Les manifestations de centaines de milliers de personnes du vendredi 27 septembre, avec à leur tête la jeune Greta Thunberg, poussent les gouvernements à agir. En regardant l'historique des émissions de GES pour le Québec, on voit bien qu'il faut cibler le transport en priorité. Plus particulièrement, en électrifiant les transports sous toutes les formes on diminue de beaucoup les émissions de GES tout en les rendant plus efficaces.

*Mots clés* : tramway, TGV, TER, efficacité, énergie, moteur, véhicule électrique

## ***Plan pour l'électrification des transports***

Au Québec, nous sommes privilégiés par rapport aux autres nations du monde par le fait que nous disposons de l'hydroélectricité en grande quantité, une production propre pour l'énergie électrique. Mais alors pourquoi ne pas remplacer le pétrole par cette énergie propre ?

### **Le bilan des émissions pour les gaz à effet de serre**

En regardant l'inventaire québécois des gaz à effet de serre, GES, pour la période entre 1990 et 2016, on se rend compte que la cause principale des émissions provient du transport routier. Or, le moteur, équipant les véhicules, constitue le nœud du problème des émissions de GES.

### **Inventaire québécois de 1990 à 2016**

Entre 1990 et 2016, le Québec a abaissé ses émissions de gaz à effet de serre de 9,1%. Comparativement, au Canada où elles ont augmenté de 16,7% (MELCC, 2018 ; p.19) ; il faut cependant préciser que l'exploitation des sables bitumineux en Alberta et en Saskatchewan ainsi que la production pétrolière à Terre-Neuve-Labrador ont contribué d'une manière significative à cette augmentation pour le Canada. Pourtant, le protocole de Kyoto visait à réduire de 5% les émissions de GES par rapport à 1990 ; on peut conclure que le Québec a atteint sa cible mais pas le Canada. Avec la COP21 de Paris, les pays du monde entier se sont entendus pour limiter à 2°C l'augmentation de la température moyenne du globe pour 2050 ce qui laisse entendre des baisses importantes pour les émissions de GES. Pendant la même période, les pays de l'union européenne ont baissé leurs émissions d'environ 25% (MELCC, 2018 ; p.20). Mais alors pourquoi ne pas imiter les pays de l'union européenne dans notre lutte aux changements climatiques ?

### **Le bilan par secteur d'activités.**

En 2016, la plus grande part des émissions de gaz à effet de serre provenait du secteur du transport. En effet, au Québec le secteur des transports comptait pour 43% des émissions comparativement au Canada qui n'est que de 28,3% (MELCC, 2018 ; p.21). De plus, entre 1990 et 2015, on a enregistré une hausse de 21% des émissions pour le secteur du transport alors que pour les autres secteurs il y a eu une baisse ou une stagnation comme l'illustre le tableau 1 en annexe.

### **Le secteur du transport.**

Plus précisément dans le secteur des transports, on est passé de 27,7 Mt éq. CO<sub>2</sub> à 35,1 Mt éq. CO<sub>2</sub> (millions de tonnes équivalent de CO<sub>2</sub>) entre 1990 et 2012. Pendant la même période dans le secteur de l'industrie, on est passé de 32,1 Mt éq. CO<sub>2</sub> à 25,3 Mt éq. CO<sub>2</sub>. Alors que les industries ont baissé leurs rejets, le secteur du transport les a augmentés pour devenir la première source d'émission de gaz à effet de serre, GES. Par conséquent, un plan d'action pour lutter contre les changements climatiques devrait donc mettre en priorité ce secteur du transport.

### **Le bilan lourd du transport routier.**

Si on regarde plus en détails encore le secteur du transport, on s'aperçoit que c'est le transport routier qui cause cette augmentation puisqu'il est passé de 17,8 Mt éq. CO<sub>2</sub> à 27,0 Mt éq. CO<sub>2</sub>, une hausse de 52% entre 1990 et 2016. De plus, le transport routier contribue pour 80% des émissions de GES pour le secteur du transport. En effet, on a eu un accroissement de 234% (MELCC, 2018 ; p.23) du nombre de camions légers sur nos routes. Quand on roule sur les routes de l'Europe, on ne voit pas beaucoup de VUS, ni de camionnettes !

## **Le moteur**

Lorsqu'on parle de transport, on se réfère indéniablement à un moteur qui convertit une énergie entrante en une énergie sortante. Or, cette énergie sortante, que l'on dit aussi énergie utile, correspond principalement à l'énergie mécanique du mouvement. Quant à l'énergie entrante, que l'on dit énergie d'alimentation, on la retrouve principalement sous deux formes : le pétrole et l'électricité.

### **L'énergie utile.**

Dans le domaine du transport, l'énergie utile se réfère principalement à une énergie mécanique pour déplacer la masse d'un véhicule sur une certaine distance. D'une façon simple, nous pouvons dire que l'énergie nécessaire est égale à la moitié du produit de la masse du véhicule par sa vitesse au carré.

$$\text{énergie} = \frac{\text{masse} * \text{vitesse}^2}{2}$$

Donc, plus un véhicule est lourd, plus il consomme de l'énergie, et de même, plus il roule vite, plus il utilise de l'essence. Les nombreux arrêts que doivent faire les véhicules en ville font en sorte que l'on brûle encore plus d'énergie lors des redémarrages et on a des pertes d'énergie en chaleur pour le freinage. En définitive, on peut conclure que l'augmentation des GES dans le transport routier résulte dans le choix que font de plus en plus d'usagers pour un type de véhicule plus lourd tel le véhicule utilitaire sport, VUS, ou encore la camionnette.

### **L'énergie d'alimentation.**

Au Québec, la très grande majorité de l'énergie d'alimentation pour les véhicules de transport se retrouve sous la forme des dérivés du pétrole : l'essence et le diesel. Paradoxalement, alors que l'on doit importer le pétrole, cette énergie fossile produisant des GES, on dispose au Québec de surplus d'une énergie électrique produite très majoritairement par des énergies renouvelables (hydro-électrique, éolien) et ne produisant que peu de GES.

### **L'efficacité.**

On doit donc rendre le transport routier plus efficace. L'efficacité représente le rapport entre l'énergie utile et l'énergie d'alimentation.

$$\text{efficacité}[\%] = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie d'alimentation}}$$

Or, pour effectuer ce rapport, on doit avoir les mêmes unités de mesure pour l'énergie. Dans le système international des unités de mesure, aussi appelé le système métrique, on mesure l'énergie en joule. Mais de façon pratique, on doit ramener cette unité en kilowattheure en sachant qu'un joule est égal à un watt-seconde. Nous avons donc un kilowattheure qui est égal 3 600 000 joules.

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

Où k représente le préfixe multiplicateur kilo ( $10^3$ ) et M, le préfixe méga ( $10^6$ ).

### ***L'efficacité du moteur à essence.***

Le moteur à essence, qui équipe présentement la plupart des véhicules circulant sur nos routes, a une efficacité très faible, entre 14 et 26%. C'est donc dire que la majeure partie de l'énergie contenue dans l'essence se dissipe en chaleur et en pollution atmosphérique. D'ailleurs, c'est la raison pour laquelle on équipe chacun de ces moteurs d'un système de refroidissement avec un radiateur. De plus, lors du freinage l'énergie est perdue en chaleur par frottement.

### ***L'efficacité du moteur diesel.***

Quant au moteur diesel, son efficacité varie de 15% à 30% (Dessus, 2014 ; p.24). Le moteur est plus efficace sur la route qu'en ville. Cependant, on a aussi une perte d'énergie en chaleur lors du freinage.

### ***L'efficacité du moteur électrique.***

Pourtant, le moteur électrique a une efficacité de 90%. D'ailleurs, ce moteur est si efficace que l'on est obligé d'ajouter un élément chauffant pour assurer le confort de

l'habitacle en hiver. En effet, ce moteur ne dégage presque pas de chaleur et en plus d'être moins polluant, il requiert moins d'énergie pour un même déplacement. De plus, le moteur devient générateur lors du freinage afin de récupérer l'énergie. Qu'attendons-nous pour électrifier les transports ?

### **Électrification du transport**

Alors que dans la plupart des pays, on produit de l'électricité à partir des énergies fossiles que sont : le charbon, le pétrole et le gaz ; au Québec, la production de l'électricité demeure l'une des plus propres au monde. En effet, au Québec près de 95% de l'électricité est produite par l'hydraulique alors qu'ailleurs dans le monde on n'a que 6% de l'électricité qui provient de cette forme d'énergie (Chevalier et Pastré, 2015 ; p.24). Par conséquent, l'électrification des transports au Québec devient encore plus significative du point de vue de la lutte contre les changements climatiques. Le discours politique laisse entendre que l'électrification des transports se résume aux autos électriques, une vision trop restrictive. Non, quand on parle de l'électrification des transports, on doit plutôt se référer à trois volets : le transport collectif urbain, le transport collectif interurbain et enfin le transport individuel.

#### **Le transport collectif urbain**

On a déterminé le besoin en énergie pour un individu qui parcourt un kilomètre en ville selon le mode de transport utilisé. C'est avec la voiture que le besoin en énergie est le plus grand, soit entre 0,29 et 0,35 kWh (Dessus, 2014 ; p.12). Cependant, le tramway remporte la palme devant le métro et l'autobus avec une consommation entre 0,023 et 0,035 kWh, soit environ 10 fois moins que l'auto.

### **Le tramway.**

On retrouve le tramway dans presque toutes les grandes villes d'Europe alors qu'au Québec, il fait un peu parent pauvre. Mais oui on a un projet à Québec mais il ne s'agira que d'une seule ligne et non pas d'un réseau structuré. À Montréal, on aura le réseau express métropolitain, REM, qui ne desservira que l'ouest de la cité ; le tramway pourrait compléter le transport collectif urbain en s'étendant à : Longueuil, le nord-est de Montréal ainsi qu'à Laval. En plus de compléter les réseaux de tramway à Québec et à Montréal, on devrait aussi implanter au moins une ligne de tramway dans les autres grandes villes que sont : Gatineau, Saguenay, Trois-Rivières et Sherbrooke. Parions que si on instaurait un tramway reliant les rives de Québec et de Lévis via le vieux pont, cela coûterait beaucoup moins cher qu'un troisième lien sous le fleuve. Au Québec, on a souvent peur d'agir parce que l'on croit à certains mythes. D'ailleurs, plusieurs mythes concernent le retour du tramway.

### ***Les hivers québécois.***

On entend parfois dire que le tramway n'est pas fait pour les hivers québécois. Les personnes qui disent cela sont encore jeunes ou ont perdu la mémoire. En effet, le tramway électrique circulait à Montréal et à Québec jusqu'à la fin des années 50. Il existe un tramway dans la plupart des grandes villes du nord de l'Europe : à Moscou en Russie, à Varsovie en Pologne, à Helsinki en Finlande, à Stockholm en Suède, à Berlin en Allemagne, etc. Ces endroits ont-ils des hivers moins rigoureux qu'au Québec ? On voit bien que cet argument qui freine l'implantation du tramway ne tient pas la route.

### ***Les Québécois boudent le transport collectif.***

Le tramway ne s'arrête que pour débarquer ou embarquer des passagers ; il n'y a pas de feux de circulation ou de panneaux d'arrêt pour l'immobiliser. Donc, si l'offre de services du tramway est fiable et démontre que cela prend moins de temps pour se déplacer, il y a fort à parier que l'achalandage du transport par ce moyen augmentera.

### ***Augmentation du trafic.***

Si on installe des tramways dans nos rues, cela augmentera le trafic. D'une part, disons que les rails du tramway peuvent être installés dans les terre-pleins de boulevard. D'autre part, les rails se fondent dans le pavée et n'empêchent pas la circulation automobile en l'absence d'un tramway comme on peut le voir à la figure 1.

### ***Ça va coûter trop cher à implanter.***

À court terme, on doit pouvoir compter sur l'aide du fédéral pour l'implantation de projets d'infrastructure afin de financer les réseaux de tramway. Le tramway coûte beaucoup moins cher à implanter qu'un métro. De plus, cela devrait créer de nombreux emplois au Québec puisque l'on compte deux équipementiers de réputation internationale : Bombardier et Alstom. On prévoit que le tramway de Québec coûtera trois milliards de dollars. Pourtant, le plan d'acquisition des avions de chasse et des frégates pour les forces armées canadiennes coûtera environ 90 milliards. La part du Québec, qui est d'environ 25%, reviendrait à 22,5 milliards ; un montant qui serait mieux utilisé dans l'électrification des transports si on conçoit que la lutte aux changements climatiques remplace une supposée guerre à venir.

### ***Ça va coûter trop cher à faire fonctionner.***

À plus long terme, les dépenses de fonctionnement seront moindres que celles pour les déplacements en auto puisqu'il s'agit du moyen de transport requérant le moins d'énergie. De plus, l'achat de l'électricité fait tourner l'économie québécoise alors que la dépense de pétrole entraîne plus tôt un transfert de notre argent vers les autres provinces et les autres pays.

### **La bourse du carbone.**

Au Québec, on a la bourse du carbone qui permet aux entreprises d'échanger des crédits carbone alors qu'ailleurs au Canada on a une taxe sur le carbone. Dans les deux cas on anticipe une hausse significative du prix de la tonne de GES et par conséquent, de la

montée du litre d'essence à la pompe. Cependant, au Québec on a les profits de cette hausse qui seront versés au Fonds vert qui devrait servir justement à financer l'électrification des transports.

### **Le transport collectif interurbain**

Encore ici le besoin en énergie d'un individu qui parcourt un kilomètre selon son mode de transport varie beaucoup. Pour un avion, il se situe entre 0,29 et 0,35 kWh alors que pour le train à grande vitesse, TGV, il ne requiert qu'entre 0,029 et 0,046 kWh, presque 10 fois moins. Entre les deux, on retrouve les trains express régionaux, TER, pouvant desservir les banlieues qui ne consomme qu'entre 0,052 et 0,064 kWh (Dessus, 2014 ; p.12).

#### **Le TGV.**

Au Québec et au Canada, on fait beaucoup d'études mais on ne passe pas vite à l'action puisqu'il n'y a aucun TGV. En Europe, on compte plus de 200 destinations pour les TGV dont presque la moitié en France. Au Japon, le TGV a permis de mettre fin à des liaisons par avion entre les grandes villes.

#### ***Un TGV Montréal-Québec.***

Un TGV entre Montréal et Québec permettrait de faire le trajet en une heure et quart au lieu de trois heures en auto. Il y a donc fort à parier que les automobilistes qui se tapent les autoroutes et le trafic aux entrées des villes préféreraient le TGV. De plus, on pourrait prévoir la fin des vols intérieurs entre ces deux villes. Enfin, on pourrait étendre le réseau du TGV vers Toronto et New-York dans un proche avenir.

#### ***Les GES.***

Les études de faisabilité ne regardent que les coûts économiques sans mettre en perspective la diminution des GES. En effet, le TGV fonctionne à l'électricité et ne produit

presqu'aucun gaz à effet de serre, GES. Est-ce qu'un troisième lien à Québec coûterait moins cher qu'un TGV Montréal-Québec ?

### **Le train express régional, TER.**

Le TER consomme moins d'énergie que la voiture et l'autobus. En plus d'électrifier les trains de banlieues existant, on pourrait étendre le réseau à d'autres villes en banlieue. Cela ferait en sorte de diminuer de beaucoup la circulation automobile et de ce fait, les émissions de GES ainsi que les coûts afférents pour l'entretien des routes.

### ***Les banlieues de Montréal.***

Par exemple, en banlieue de Montréal, on pourrait étendre le réseau aux villes de Joliette, Sorel-Tracy, St-Hyacinthe, St-Jean et Valleyfield.

### ***Les liaisons avec Québec.***

On aurait avec Québec des liaisons possibles à partir de : Drummondville en passant par Victoriaville, Gaspé en passant par Rimouski, Roberval en passant par Saguenay, Sept-Îles en passant par Baie Comeau.

## **Le transport individuel**

Le transport individuel par des véhicules électriques doit être considéré comme un complément au transport collectif et non pas comme un moyen concurrent comme c'est malheureusement le cas présentement. En fait, le transport individuel devient la dernière branche du réseau de transport.

### **Les bornes de recharge.**

On aurait avantage à poursuivre l'implantation des bornes de recharge en mettant en priorité les stationnements incitatifs pour le transport urbain collectif et les gares pour le transport interurbain collectif.

**Le bonus à l'achat.**

Présentement, on octroie 13 000\$ pour l'achat d'un véhicule électrique. Malgré cela, certains VUS coûtent moins cher à l'achat. On aurait avantage à instaurer un système de bonus/malus, le malus consistant en une taxe sur les véhicules énergivores dont le produit vient augmenter le bonus pour un véhicule propre.

**Les droits d'immatriculation.**

En partant du principe que les droits d'immatriculation d'une moto sont plus élevés que ceux pour une auto à cause d'un plus grand risque d'accident, pourquoi n'en serait-il pas de même pour les véhicules énergivores qui risquent de faire augmenter la fréquence des incidents météos violents ?

**Le plan**

En résumé, le plan devrait comprendre trois phases : une première phase déjà en cours, une seconde phase de 2020 à 2025 et une troisième phase de 2025 à 2030.

**Phase 1 (en cours)**

- Continuation de la ligne bleue du métro de Montréal
- Construction du tramway de Québec
- Construction du REM
- Construction de la ligne ferroviaire à haute fréquence Montréal, Trois-Rivières, Québec
- Continuation de l'octroi de bonus à l'achat d'un véhicule électrique
- Implantation des bornes de recharge

**Phase 2 (2020-2025)**

- Construction des lignes de tramway : au nord-est de Montréal, à Longueuil et à Laval
- Construction d'une ligne de tramway reliant Lévis à Québec via le vieux pont de Québec, cela devrait mettre fin au débat sur le fameux troisième lien
- Instauration d'un système bonus/malus pour encourager l'augmentation des achats pour un véhicule électrique et décourager les ventes de véhicules énergivores
- Différenciation des droits d'immatriculation selon les émissions de GES

**Phase 3 (2020-2025)**

- Construction des lignes de TER et du TGV Montréal-Québec
- Construction des lignes de tramway dans les grandes villes autres que Montréal et Québec

**Conclusion**

En électrifiant les transports, on fait plus que doubler l'efficacité tout en diminuant de beaucoup les gaz à effet de serre. Si Montréal a pour objectif de diminuer de 55% ses GES d'ici 2030 par rapport à 1990, le Québec n'a pas le choix et se doit de viser la même cible. Or, si on regarde le tableau 1 pour l'année 1990, on peut calculer que le total des émissions pour cette année de référence était de 86,5 Mt éq. CO<sub>2</sub> ; une diminution de 55% équivaldrait à 47,6 Mt éq. CO<sub>2</sub>. Donc, si l'électrification du transport éliminait complètement les GES pour ce secteur, alors on aurait soustrait seulement 33,5 Mt éq. CO<sub>2</sub> (valeur du transport en 2015). Par conséquent, le plan d'électrification du transport doit être encadré par un plan plus vaste qui cible les autres secteurs tels : l'industrie, l'agriculture, la gestion des déchets ainsi que le chauffage dans les résidences, les commerces et les institutions.

---

Paul Martin, ing Ph.D

## Références

- MELCC (2018). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2016 et leur évolution depuis 1990*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale de la réglementation carbone et des données d'émission, 40 p.
- Dessus, Benjamin (2014). *Déchiffrer l'énergie*, Paris, éd. Belin, 379 p.
- Chevalier, Jean-Marie et Pastré, Olivier (2015). *L'énergie en état de choc*, Paris, Groupe Eyrolles, 114 p.

## Tableaux

Tableau 1

Évolution des données d'émission par secteurs en Mt éq. CO<sub>2</sub>

Secteurs d'activité	1990	2012	2013	2014	2015
Transports	27,7	35,1	34,7	32,9	33,5
Industrie	32,1	25,3	25,1	25,0	24,2
Résidentiel, commercial et institutionnel	11,2	7,8	7,9	8,5	8,6
Agriculture	6,9	7,6	7,7	7,5	7,5
Déchets	7,2	4,1	4,2	4,2	4,6
Électricité	1,4	0,2	0,2	0,2	0,2

Source : MELCC, 2018 ; p. 9

## Figures



Figure 1. Les divers modes de transport avec une énergie d'alimentation électrique