

Comparaison des options de transport collectif : le tramway de Québec est clairement justifié

Mémoire de la Coalition climat Montréal

Présenté au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement

30 juillet 2020

Présentation de l'organisme

La Coalition Climat Montréal regroupe des citoyens et organismes convaincus de l'urgence d'agir face aux changements climatiques. Elle vise la neutralité carbone pour Montréal d'ici 2042. L'atteinte d'un tel objectif exigera des efforts considérables ainsi que des changements majeurs dans plusieurs secteurs d'activités dont les principaux sont l'aménagement, le transport et l'habitation, ainsi que dans les normes sociales, les habitudes et les modes de vie des citoyens.

La Coalition climat Montréal croit en l'importance de la collaboration entre les grandes villes dans un mouvement global de lutte et d'adaptation aux changements climatiques. Sur ce front, le développement de modes de transport à faible empreinte environnementale demeure un élément essentiel. Nous remercions donc la BAPE de nous offrir l'opportunité de faire part de nos réflexions sur le projet de tramway de Québec.

coalitionclimatmtl.org
contact@coalitionclimatmtl.org

Ce mémoire a été rédigé par

Luc Gagnon, M.Sc., Ph.D., bénévole de la Coalition Climat Montréal

-30 ans d'expérience dans le domaine de l'énergie et du transport, avec emphase sur le changement climatique et les analyses de cycle de vie.

-*Conseiller principal, changement climatique*, à Hydro-Québec, pendant 20 ans.

-10 ans d'expérience de chargé de cours en développement durable, École de technologie supérieure et Études urbaines de l'UQAM.

-Nommé à trois reprises *réviseur expert* des chapitres sur l'énergie du *Groupe intergouvernemental sur l'Évolution du climat*.

Et **Jean-François Boisvert**, B.Sc., président de la Coalition climat Montréal et membre du comité de coordination du Front commun pour la transition énergétique, ainsi que de ses comités Transport et Énergie.

Préambule : **Est-ce que le changement climatique comporte des impacts supérieurs à la pandémie?**

En se basant sur les dernières années, l'Organisation mondiale de Météorologie conclut que le changement climatique comporte déjà des impacts majeurs, en augmentant l'intensité et la fréquence des événements climatiques extrêmes : ouragans, tempêtes, tornades, inondations, feux de forêt et de brousse, sécheresses et vagues de chaleur extrême (voir tableau de citations en page suivante).

Et il faut regarder au-delà de l'enjeu du climat, car les sources de GES (pétrole et charbon) sont aussi les principales sources des autres polluants de l'air. L'Organisation mondiale de la Santé (2016) estime que les problèmes environnementaux causent **12,6 millions de décès par année**, à l'échelle mondiale. L'Organisation des Nations-Unis sur l'environnement (UNEP, 2019) estime que la mauvaise qualité de l'air cause 6 ou 7 millions de décès par année.

Des experts de géopolitique ont conclu que plusieurs guerres récentes sont étroitement liées aux impacts du changement climatique :

- La guerre au Darfour a été encouragée par une sécheresse persistante.
- La guerre civile en Syrie a été précédée par des déplacements de 1,5 millions de personnes. Ces déplacements étaient dus aux pertes agricoles et aux pertes de bétail, causées par la sécheresse.
- La guerre civile en Somalie est liée à plusieurs épisodes de sécheresses et vagues de chaleur.
- Au Nigéria, Mali et Soudan, les conflits entre villages sont directement liés au changement climatique.

Constat global : même si le décompte actuel des décès de la pandémie (650 000) est sous-évalué, le pétrole et le charbon sont beaucoup plus meurtriers que le virus de la COVID-19. Et toutes **ces données des institutions internationales s'appliquent à un réchauffement d'environ 1 degré C**. Quels seront les impacts avec un réchauffement de 2 degrés? Ou dans un scénario de maintien des tendances, avec un réchauffement de 3,5 degrés?

La revue *National Geographic* (Avril 2020, « *How We Lost The Planet* ») a effectivement répondu à cette question. Dans un scénario de 3,5 degrés C de réchauffement en 2070, la revue illustre, sur des cartes, les températures maximales par jour. **Pour presque tous les pays du monde, le nouveau climat comporte de 180 à 365 jours où la température quotidienne dépasse 35 degrés C (ou 95 degrés F). Il s'agit d'une nouvelle planète dominée par les événements climatiques extrêmes.**

World Meteorological Organization, The Global Climate in 2015-2019

Hurricanes

- October 2016, hurricane Matthew estimated economic losses US\$ 10 billion; at least 546 deaths in Haiti and 49 in the United States
- August 2017, hurricane Harvey Estimated economic losses US\$ 125 billion, 89 deaths in Texas
- August–September 2017, Caribbean; USA, Irma Estimated economic losses US\$ 57 billion, 134 deaths
- September 2017, Dominica; Puerto Rico, Maria Estimated economic losses over US\$ 90 billion; at least 140 deaths attributed directly to the storm but estimates of over 2 000 indirect deaths post-storm
- March 2019, (Mozambique; Zimbabwe), Cyclones Idai and Kenneth; At least 1 236 deaths

Floods

- June–July 2016, China; floods cause at least 310 deaths and US\$ 14 billion in economic losses
- August 2017, India; Bangladesh; Nepal – flood At least 1 200 deaths were reported across the three countries, and 40 million people were affected in some way,
- August 2017, Sierra Leone – landslide Major destruction and an estimated 1 102 death
- June–July 2018, Japan – At least 245 deaths were reported, along with 6 767 houses destroyed.
- August 2018, India (Kerala) – flood 1.4 million people displaced and 5.4 million affected in some way. At least 223 deaths were reported, with economic losses estimated at US\$ 4.3 billion

Storms and tornadoes

- April 2016, Texas – hailstorm Estimated losses US\$ 3.5 billion
- June 2016, China - tornado At least 99 deaths were reported
- May 2018, India – severe windstorm, dust; At least 112 deaths reported
- June 2018, USA – Dallas, Denver – hailstorm; Losses were estimated at US\$ 3.5 billion
- October 2018, Mediterranean – extratropical cyclone; 30 deaths in Italy

Heat waves

- May and June 2015, India; Pakistan –3477 deaths reported in India and Pakistan
- Summer 2015 and 2018, Europe –In France 3 275 and 1 500 excess deaths were attributed to the heat
- Summer 2018–19, Australia – Hottest summer on record for Australia.
- June–July 2019, Europe –Two major long and extended heat waves recorded in Europe in June–July 2019 with national records broken in many countries. In southern France a national record for any month of 46.0 °C was observed.

Droughts

- East Africa in 2016–2017, **6.7 million people in Somalia were experiencing food insecurity** at the drought's peak, decreasing to 5.4 million by the end of 2017 as conditions eased 2017–2019,
- October 2017 – March 2018, northern Argentina; Uruguay –heavy losses to summer crops with agricultural losses estimated at US\$ 5.9 billion

Forest and brush fires

- 2015, Indonesia – Drought led to extensive wildfires in Indonesia in the second half of 2015. 2.6 million hectares were reported to have burned. 34 deaths were directly attributed to the fires May
- 2016, Canada (Alberta) –A wildfire caused major damage in Fort McMurray, Alberta, in May. Insured losses exceeded US\$ 3 billion with indirect losses of several billion dollars more
- July 2018, Greece – Major fast-moving wildfires affected the region around Athens, driven by strong winds which reached 124 km/h. At least 99 deaths were reported
- USA (California) – wildfire The town of Paradise was largely destroyed by a fast-moving wildfire. At least 85 lives were lost, and economic losses were estimated at US\$ 16.5 billion

Résumé : Le projet de tramway de Québec est clairement justifié sur plusieurs plans

- Dans un contexte de lutte au changement climatique, à Québec, le niveau actuel de dépendance sur l'auto-solo est inacceptable. De plus, cette dépendance est liée à l'étalement urbain, qu'il faudra sûrement atténuer.
- Le mode tramway est celui qui présente le plus grand potentiel de réduction de l'usage de l'automobile.
- Le tramway est aussi le meilleur choix pour stimuler et densifier le développement autour des stations, réduisant ainsi la pression en faveur de l'étalement.
- Selon les niveaux d'achalandage probables, l'option « autobus sur voie réservée » serait immédiatement saturée et fournirait une très mauvaise qualité du service. De plus, les réseaux d'autobus diesel ne réduisent pas significativement les émissions de GES. Ils n'attirent pas le développement et peuvent même le faire fuir, à cause du bruit et de la pollution locale.
- Un réseau de métro pourrait avoir un effet structurant positif (comme le tramway). Par contre, son coût par station est trop élevé pour permettre un grand nombre de stations. À titre de comparaison, le prolongement de la ligne Bleue du métro de Montréal coûtera 5 milliards \$ pour 5 stations, alors que le tramway de Québec coûte 3 milliards \$ pour 34 stations. Par NOUVEL usager, le coût du tramway de Québec est 3 à 4 fois moindre que le coût du prolongement de la ligne Bleue du métro.
- Pourquoi le coût du projet de tramway est-il élevé? C'est uniquement à cause du tunnel et des 3 stations souterraines, dont les coûts s'élèvent à environ 1,5 milliard \$ (pour 84 000 déplacements /jour). Pour fin de comparaison, une portion du Réseau Express Métropolitain comporte un tunnel et une station souterraine à l'aéroport. Le coût de cette portion est d'environ 1 milliard \$ pour 5 000 déplacements /jour. En toute logique, si le gouvernement juge que le tramway de Québec est trop cher, il doit d'abord remettre en question deux projets dont les coûts sont exorbitants, soit le REM et la ligne Bleue du métro.
- Pour le tramway de Québec, la portion souterraine est minimisée. En somme, le projet combine les avantages du métro et du tramway, à un coût raisonnable.
- Selon l'étude d'impact, le tramway de Québec aura un achalandage de 84 000 déplacements par jour de semaine (à l'an 15). Pour illustrer à quel point le tramway de Québec est justifié, il suffit de comparer cet achalandage avec celui des lignes de tramway qui existent partout dans le monde : dans la grande majorité des cas, l'achalandage est inférieur à 50 000 déplacements /jour. En France, il existe une dizaine de lignes avec un achalandage d'environ 20 000 /jour.
- Certains voudront, à cause de la pandémie, contester la prévision d'achalandage. Rappelons qu'il s'agit d'un effet à court terme. Dans un contexte de lutte au changement climatique, il faudra, à moyen terme, adopter plusieurs mesures qui feront augmenter l'achalandage du tramway : réduction du nombre de cases de stationnement au centre-ville, tarification de tous les stationnements, tarif incitatif du transport collectif avec un tarif hors-pointe très faible; taxe sur le carbone...

En somme, dans le cadre d'une lutte au changement climatique, le tramway de Québec est une première étape essentielle. Sur 30 ans, le projet permettra des réductions de GES de 2,4 millions de tonnes.

Comparaison des options de transport collectif urbain, pour la ville de Québec

Ce document vise à comparer les options de transport collectif qui semblent possibles pour soutenir le développement de Québec. Voici les options comparées : autobus diesel (situation actuelle), autobus articulés hybrides sur voies réservées, tramway ou métro.

Pour fournir des données réalistes, certains paramètres proviennent de projets réels de la région de Montréal. Pour les autobus articulés, c'est le cas du SRB Pie IX. Pour le métro, c'est le prolongement de la ligne Bleue.

Description sommaire des options comparées

Enjeux	Autobus diesel, sur rue	Autobus articulé diesel/ hybride sur voies réservées permanentes	Tramway 43 m	Métro souterrain
Efficacité énergétique	Diesel : 20%	Hybride : 25%	90%	90%
Source d'énergie	Pétrole importé		Électricité du Québec	
Nombre maximum de passagers par rame ou bus 3,3 passagers /m2	65 usagers	90 passagers	Rames de 43 m 260 passagers	800 passagers Rames écourtées à 6 wagons
Nombre de stations	Arrêts actuels	Semblable au tramway	34	5
Coûts additionnels en infrastructures	Situation actuelle	1\$ milliard sans accès souterrain au centre-ville donc forte congestion en surface à proximité du centre	1,5\$ milliards pour 31 stations en surface +1,5\$ milliard pour 3 stations souterraines	5\$ milliards pour 5 stations
Achalandage probable par jour de semaine (2041)	60 000 déplacements	65 000 déplacements	* 90 000 déplacements	** 40 000 à Québec

Notes :

*À Québec, une rame de tramway de 43 m pourra transporter un achalandage plus élevé que la plupart des autres réseaux avec équipement similaire, parce que la charge est très équilibrée. En pointe du matin, le réseau sera utilisé presque autant dans les deux directions, contrairement à la plupart des réseaux de transport collectif.

**À Montréal pour la ligne Bleue, l'achalandage prévu est de 80 000 déplacements /jour à cause de la densité urbaine. À Québec, une ligne de métro de 5 stations ne pourrait attirer plus de 40 000 déplacements /jour.






Le *Bon mode au bon endroit*, un principe pour s'assurer que les investissements soient raisonnables, par déplacement

Certains intervenants ont une préférence marquée pour un mode particulier, par exemple le métro. En réalité, il n'y a pas de mode idéal, si on tient compte des coûts. Il y a plutôt des choix bien ou mal adaptés aux besoins. Nous préconisons le principe du « Bon mode au bon endroit », qui évite deux erreurs :

- Choisir un mode trop coûteux, d'une trop grande capacité (comme le métro), ce qui peut mener à des coûts très élevés par passager. Cela « gaspille » les ressources financières disponibles, réduisant les investissements futurs.
- Choisir un mode d'une trop faible capacité (comme l'autobus), ce qui peut mener à une très mauvaise qualité du service.

Le tableau en page suivante présente un sommaire des capacités de chaque mode. Nous incluons les expressions usuelles en anglais qui décrivent les modes. Ces termes anglais sont importants, car ils mènent parfois à des confusions : en anglais, l'expression *Light Rail Transit* peut inclure des tramways, *skytrain* et certains trains de banlieue. À Toronto, on pourrait avoir l'impression qu'il n'y a pas de tramway, alors qu'il y a plusieurs lignes en fonction, et 3 autres (appelées « LRT»), en construction¹.

Le principe du "bon mode au bon endroit", en fonction de l'achalandage

	Modes	Expres- sions anglaises	Passagers / rame 4 pass. /m ²	Déplacements /jour (par ligne)	
				Typique	Cas extrêmes
	Métro (Rames Azur)	Metro or Subway	1500	150 000 /200 000	Ligne Orange 400 000 (2 lignes) Ligne Bleue 80 000
Tram-train ou tramway					
	90m Rames doubles	LRT	662	80 000 /100 000	
	54 m	Light Rail Transit	404	55 000 /70 000	
	45 m		331	45 000 /60 000	
	27 m	Streetcar	192	15 000 /35 000	
Autobus					
	Articulé	Bus	110	14 000 /20 000	SRB Pie IX 70 000
	Diesel, hybride		80	10 000 /15 000	STM 35 000
	Électrique batteries	Electric bus	60	7 000 / 10 000	

¹ <http://www.metrolinx.com/fr/greaterregion/projects/default.aspx>

Les diverses publications internationales présentent les coûts d'implantation suivants, qui sont typiques pour chaque option :

- Métro : 500 millions \$/km (\$ canadiens). **Le budget du prolongement de la ligne Bleue est de 800 millions \$ /km, sans compter le coût du matériel roulant.**
- *Skytrain* : 250 millions \$/km, incluant le matériel roulant.
- **Tramway : 50-70 millions \$/km, si des tunnels ne sont pas nécessaires.** Ces coûts typiques incluent le matériel roulant.
- Voies réservées permanentes pour autobus : 30 millions \$/km, pour le cas de Pie-IX à Montréal, **sans compter les coûts du matériel roulant.**

Facteurs affectant les coûts d'implantation				
Facteurs	Autobus hybrides diesel, sur rue	Autobus articulé diesel/ hybride sur voies réservées	Tramway	Métro
Contraintes des voies réservées	Aucune voie réservée	Contraintes, car voies réservées larges	Contraintes moins grandes que celles des voies réservées pour autobus	Pas de contrainte sauf les coûts
Coûts des stations ou des quais	Très faibles	Faibles	Faibles	Très élevés, 800-M \$/ station
Coûts du matériel roulant	Situation actuelle	Renouvellement des autobus à chaque 15 ans	Semblables, car une rame remplace 4 autobus réguliers	
Coûts probables des infrastructures	S/O (référence)	30 M \$ /km Excluant matériel roulant	1,5G \$ pour le tunnel et ses stations 1,5G \$ pour les 20 km en surface	5 stations pour 4,5G \$ à 5G \$
Plus-value foncière L'augmentation des taxes foncières permet de <i>rembourser</i> une portion des investissements	Effet très faible. Le bruit fait fuir le développement résidentiel	Effet très faible. Le bruit fait fuir le développement résidentiel	Fort potentiel, à cause du nombre de station. Sur 30 ans, la plus-value foncière rembourse 28%** des investissements	Potentiel significatif, mais limité par le faible nombre de stations

** Pour la plus-value foncière, nous utilisons l'évaluation de 28 % réalisée par la Chambre de Commerce du Montréal Métropolitain, pour le tramway Côtes-des-Neiges

Question pertinente : Est-ce que des autobus électriques à batteries pourraient remplacer un tramway?

-En comparaison avec des autobus diesel, l'autobus électrique à batteries est plus efficace, plus silencieux et sans pollution locale. Son coût d'acquisition est cependant 2 à 3 fois plus élevé. Si ce surcoût est acceptable, il peut remplacer des autobus diesel sur des réseaux de faible achalandage.

-La comparaison est différente avec un tramway. L'autobus électrique doit transporter 5 tonnes de batteries, poids équivalent à 70 passagers. L'autobus électrique a donc une moins grande capacité qu'un autobus diesel. Une rame de tramway remplace donc 4 autobus diesel ou 5 autobus électriques très coûteux. En somme, **pour les réseaux de fort achalandage, l'autobus électrique ne possède pas la capacité suffisante pour remplacer un tramway.**

Objectif : Faire un choix de mode qui maximise l'achalandage

Plusieurs études ont démontré que les citoyens prenaient l'habitude du transport collectif, lorsqu'ils peuvent accéder à une station, **à pied**. La distance qu'ils sont prêts à parcourir dépend toutefois de l'attraction de chaque mode. L'autobus est celui avec la plus faible attractivité, 250 mètres, ce qui oblige les sociétés de transports à créer un grand nombre de lignes pour lesquelles la fréquence – particulièrement hors-pointe - rend le service inadéquat. Les usagers sont prêts à marcher 500 mètres, voire jusqu'à 750 m, pour accéder à un service de tramway, ce qui permet d'offrir une excellente fréquence de service, incluant hors-pointe.

Facteurs affectant l'achalandage				
Facteurs	Autobus diesel, sur rue	Autobus articulé diesel/ hybride sur voies réservées	Tramway	Métro
Nombre de stations structurantes	Situation actuelle	Aucune	34 stations	5 stations
Population ayant accès à pied à une station structurante	Aucune	Aucune	Très élevée	Moyenne : stations attirantes, mais peu nombreuses
Accès au centre-ville et centres d'emplois	Services actuels ralentis par la congestion	Graves problèmes d'accès au centre-ville (en surface)	Excellent service	Excellent service pour un faible nombre citoyens

Les modes sur rail ont un effet plus structurant que l'autobus, tant en termes de réaménagement urbain que d'attraction modale. En somme, c'est le nombre de stations structurantes qui s'avère déterminant pour définir l'achalandage. En France, il y a plus de 70 lignes et 1300 stations de tramway. L'effet de remplacer des autobus par un tramway a donc été observé à plusieurs reprises :

« Les trafics des réseaux, que mesure le nombre de déplacements effectués par transport collectifs dans les villes équipées de sites propre pour tramway, se sont accrus de 30% dans les mois qui ont

suivi les mises en service... » François Laisney (2011), Atlas du tramway dans les villes françaises, éditions Recherches, p. 10.

L'étude d'impact du tramway de Québec tient compte de cet effet à court terme, mais ne tient pas compte des développements futurs attirés par le tramway. De plus, l'étude d'impact ne tient pas compte d'autres mesures qui pourraient poser des contraintes à l'automobile. Nous en discutons dans la section sur les émissions de GES.

Objectif : Stimuler le développement et augmenter la densité résidentielle et commerciale

Le choix du mode a un effet déterminant sur cet objectif, car ce choix peut attirer des résidents et des commerces. Est-ce que les citoyens ont confiance en la permanence du service? Est-ce que le réseau sera bruyant et polluants?

Infrastructures permanentes de transport collectif				
Enjeux	Autobus diesel, sur rue	Autobus articulé diesel/ hybride sur voies réservées	Tramway	Métro
Largeur et disponibilités des emprises	Route standard	Emprise large, pour laisser une marge aux chauffeurs d'autobus	De 2 à 4 pieds de moins que l'autobus, selon le tramway	
Insertion urbaine harmonieuse	Oui, mais bruit et pollution	Bruit et pollution	Oui, service sans pollution et plus silencieux	Insertion facile
Confiance dans la permanence et la qualité du service	Faible	Faible	Forte	Forte, mais faible nombre de stations
Stimuler le développement et augmenter la densité résidentielle et commerciale				
Bruit	Bruit des autobus à moteur diesel	Bruit des autobus à moteur diesel	Tramway silencieux	Service silencieux
Pollution de l'air	Significative	Significative	Nulle	Nulle
Effets structurants sur le développement	Négatifs	Nuls ou négatifs	Effet structurant de 500 m autour des 34 stations	Effet structurant de 750 m autour des 5 stations
Sommaire de l'effet structurant	Nul ou négatif à cause des nuisances	Nuls ou négatifs : incertitudes concernant la permanence des voies réservées	Fort : confiance dans la permanence et du service	Moyen : permanence mais faible nombre de stations

Deux publications crédibles permettent de résumer les effets du choix du mode sur le développement.

Jeffrey Kenworthy, <i>Why Rail Systems Are Essential in Creating Eco-Cities</i> (Comparaison de 60 villes)	
Les stations de tramway et de métro ont une grande influence, en concentrant le développement	- <i>Rail can be very powerful in influencing the form and scale of development.</i> - <i>Rail can attract huge re-development over a 15-20 year period.</i>
Le tramway et le métro augmentent beaucoup l'usage du transport collectif, mais pas les autobus seuls	- <i>Strong rail cities have systematically more public transport passenger boardings than weak rail and no rail cities.</i> - <i>Strong rail cities capture more than a 4 times greater proportion of overall motorised passenger kilometres on transit than no rail cities.</i>
Il ne faut pas favoriser le stationnement autour des stations	<i>Excessive emphasis on parking, including Park & Ride, destroys the urban design and civic qualities of sub-centres.</i>
Conclusion générale: le métro et le tramway sont essentiels pour réduire la dépendance à l'auto	<i>Urban Rail Systems are the key to the renaissance in public transport worldwide and a key to reducing automobile dependence. We will not change any significant size city into a more ecological model without high quality urban rail.</i>
Constats du Victoria Transport Policy Institute	
L'autobus est nuisible si on veut attirer le développement	<i>Findings suggest that increasing regular bus frequencies results... in lower house values for properties located in the vicinity of regular routes.</i>
Augmentation de la valeur des propriétés à proximité d'une station de tramway	Augmentation de la valeur de 40%.
Le métro et le tramway attirent plus d'usagers que les autobus	<i>Public transit trips increased an average of nearly 16% in Rail & Bus cities but only 1.7% in Bus-Only cities.</i>

Objectif : Minimiser les coûts d'exploitation à long terme

Voici quelques facteurs qui affectent les coûts d'exploitation des options :

- L'électrification par fil (ex. tramway) permet une efficacité énergétique de plus de 90%, comparativement à 25% pour un autobus hybride diesel/électrique. Un tramway consomme donc 4 fois moins d'énergie qu'un autobus diesel. Le coût de l'électricité, par unité énergétique, est moindre que le coût du carburant diesel.
- Avec le choix du tramway, chaque rame permet de remplacer 4 autobus réguliers ou 3 autobus articulés. Et le tramway augmente beaucoup l'achalandage : il en résulte une forte baisse des coûts *par déplacement*.

Facteurs affectant les coûts d'exploitation à long terme			
Enjeux	Autobus diesel, sur rue	Autobus articulé diesel/ hybride sur voies réservées	Tramway
Coûts de l'énergie par passager	-Faible efficacité -Diesel coûteux	-Faible efficacité -Diesel coûteux -Les voies réservées réduisent un peu la consommation	Coûts 4 fois moins grands que le diesel
Coûts de main-d'œuvre par passager	4 x tramway, autobus ralentis dans la congestion	3 x tramway	Une rame de tramway remplace 3 autobus articulés sur voie réservée
Entretien du matériel roulant	-Durée de vie 15 ans -Moteurs à combustion interne et transmissions coûteuses	-Durée de vie 15 ans -Moteurs à combustion interne et transmissions coûteuses	-Durée de vie 30-40 ans -Moteurs électriques très fiables
Coûts bruts d'exploitation	4,00\$ /déplacement	3,00\$ /déplacement	2,00\$ /déplacement
Coûts nets = coûts bruts moins tarif de \$2,00	2,00\$ /déplacement	1,00\$ /déplacement	Coût nul /déplacement

Données basées sur l'expérience d'autres villes

Dans le tableau précédent, les coûts d'exploitation proviennent d'une étude réalisée pour la ville de Hamilton. Cette étude a comparé la performance de plusieurs réseaux de tramway, qui ont remplacé des autobus. Aussitôt que l'achalandage est élevé, le tramway permet des économies importantes. Nous retenons une évaluation prudente de 2,00\$ canadien par passager pour un tramway avec achalandage de plus de 50 000 déplacements /jour. Ce coût est semblable au tarif payé par l'utilisateur. Ces économies permettent, par rapport à la situation actuelle, de remplacer de nombreux autobus, et ainsi réduire significativement les coûts d'exploitation.

Cette réduction significative des coûts d'exploitation, par passager, a été confirmée par la ville d'Ottawa dont la *Ligne de la Confédération*, un tram-train qui doit desservir 200 000 passagers/jour. À long terme, la ville estime que ce tram-train lui permettra **d'économiser 100 M \$ par année** en comparaison aux SRB qu'elle remplace (Avantages du train léger, Ville d'Ottawa, 2012 p. 14).

Pour préciser les économies, il faut estimer les coûts d'exploitation des autobus. Le tableau suivant présente des données américaines, soit environ 3,20\$ (US) par déplacement. Ce coût est semblable à ceux de la STM. Selon son *Plan de développement durable 2020*, les coûts moyens par déplacement sont de 2,41\$, incluant le métro. Considérant qu'une forte proportion des usagers prend seulement le métro, dont les coûts d'exploitation (par déplacement) sont très faibles, le coût par usager des autobus est beaucoup plus élevé.

Pour évaluer les effets des projets, nous avons choisi les évaluations suivantes:

-Autobus diesel, sans voie réservée, sur des rues congestionnées : 4,00\$ /déplacement

-Autobus hybride, avec voie réservée : 3,00\$ /déplacement

Coûts d'exploitation typiques des tramways et autobus

Ville	Déplacements /jour	Km	Déplacements / km	Autobus / dépl.	Tramway / dépl.
Données du Hamilton Study				\$ US	\$ US
Denver	86 900	76	1 143	3,60	2,17
San Diego	122 400	86	1 422	2,62	1,59
Portland	17 000	12	1 441	3,27	2,04
Minneapolis	30 100	20	1 520	3,20	2,41
Houston	38 300	21	1 859	3,18	1,29

Objectif : Assurer une grande qualité du service, en toute saison

Deux facteurs permettent d'attirer les usagers :

- La proximité d'une station à portée de marche.
- La qualité et la fiabilité du service.

Le tableau suivant résume les enjeux de qualité du service.

Facteurs affectant la qualité du service, en toute saison				
Facteurs	Autobus diesel sur rue	Autobus articulé diesel/ hybride sur voies réservées	Tramway	Métro
Chauffage	Illimité et gratuit	Illimité et gratuit	Illimité et peu coûteux	Illimité et peu coûteux
Adapté au climat hivernal	La neige réduit beaucoup la fiabilité (pneus)	La neige réduit beaucoup la fiabilité (pneus)	Fiabilité malgré la neige	Fiabilité malgré la neige
Climatisation	Coûteuse et rare	Coûteuse et rare	Presque illimitée et peu coûteuse	Pratiquement impossible en portion souterraine
Vitesse des entrées/sorties	Lentes	Lentes	Rapides (plusieurs larges portes)	Rapides
Accessibilité : personnes à faible mobilité	Difficile et ralentissement du service	Difficile et ralentissement du service	Universelle et rapide	Besoin d'ascenseurs à chaque station

Les réseaux de tramway sont-ils adaptés au climat froid?

Quelques citoyens, rêvant à des métros qui vont partout, affirment que le tramway n'est pas adapté à l'hiver. L'expérience internationale démontre le contraire. De nombreuses villes de climat froid utilisent des tramways. Ces villes sont confiantes dans la fiabilité du tramway, puisque la plupart ajoutent constamment de nouvelles lignes. En fait, Québec et Montréal semblent parmi les rares villes importantes en Occident à n'avoir aucune ligne de tramway.

Quelques exemples de réseaux de tramway en climat froid

Ville	Janvier T° normale max / min	km des lignes	Déplace- ments /jour	Usagers aller-retour /jour	Population de la ville	Usagers en % de la population
Toronto 2021	-1 / -7	140	450 000	225 000	3 000 000	7,50%
Waterloo 2021	-3 / -10	19	27 000	13 500	113 520	11,89%
Minneapolis	-5 / -14	19	42 500	21 250	422 331	5,03%
Montréal	-5 / -15	0	0	0	1 780 000	0,00%
Ottawa 2021	-6 / -14	13	200 000	100 000	994 837	10,05%
Edmonton	-6 / -15	24	110 786	55 393	981 280	5,64%
Québec	-8 / -18	0	0	0	550 000	0,00%
Moscou	-6 / -12	208	800 000	400 000	12 000 000	3,33%
St-Petersberg	-5 / -11	350	3 200 000	1 600 000	5 200 000	30,77%
Minsk	-4 / -10	123			1 975 000	
Kiev	-3 / -8	140	1 422 000	711 000	2 884 000	24,65%
Oslo	-2 / -7	50	132 000	66 000	634 293	10,41%
Helsinki	-2 / -7	71	200 000	100 000	631 695	15,83%
Stockholm 2030	-1 / -5	55	103 000	51 500	1 515 000	3,40%
Tallinn	-1 / -7	20	90 000	45 000	426 538	10,55%
Riga	-1 / -6	99	115 000	57 500	641 423	8,96%
Prague	0 / -5	142	324 000	162 000	1 300 000	12,46%



Minsk



Minneapolis

Controverses à Ottawa

Mise en service problématique du tramway
(en fait un tram-train capable de rouler à 100 km/h)

Depuis la mise en service en septembre, les tram-trains commandés par le consortium (PPP) ont connu de nombreux problèmes avec les portes. Ces problèmes de portes qui n'ont rien à voir avec l'hiver, puisqu'ils ont commencé en septembre et octobre.

De plus, un motif important pour remplacer les autobus par le tram-train, était le manque de fiabilité des autobus en hiver.



Objectif : Réduction des émissions de gaz à effet de serre, à long terme

Pour définir la baisse des émissions de GES, il faut tenir compte de plusieurs facteurs :

- Le remplacement direct des autobus diesel hybrides par un mode électrique;
- L'attrait de l'option de transport collectif qui convainc des citoyens à laisser leur automobile;
- L'effet structurant, qui réduit l'étalement urbain et la longueur des déplacements automobiles.

L'effet direct du tramway sur la circulation automobile a été évalué dans plusieurs villes de France. En 2011, sur 23 agglomérations de 200 000 à 900 000 habitants, 18 avaient déjà adopté le tramway comme mode majeur; 14 agglomérations de 200 000 à 400 000 ont une ou deux lignes de tramway; 3 agglomérations de 120 000 à 200 000 ont une ligne. Il en résulte, dans l'ensemble de l'agglomération, une baisse des déplacements en automobile de 4-5%.

(François Laisney (2011), *Atlas du tramway dans les villes françaises*, éditions Recherches, pp. 15 et 16.)

D'autres études permettent d'évaluer l'effet d'un développement structurant sur l'étalement urbain et l'usage de l'automobile (voir tableau suivant). **Chaque kilomètre parcouru en métro ou tramway permet de remplacer 3 à 5 kilomètres de trajets en automobile.**

Vehicle Mile Reductions due to Transit Use

Todd Litman, *Victoria Transport Policy Institute*, Evaluating Public Transit Benefits and Costs, Oct. 2019

Cities	Vehicle-Mile Reduction Per Transit Passenger-Mile	Study
Portland, Oregon	3	Ewing and Hamidi
U.S. cities	3 à 4	ICF 2008 and 2010
50 largest U.S. cities	4.4	Litman 2004
Boston, Chicago, NY, SF, DC	2.9	Newman-Kenworthy
23 US, Canadian, Australian + European cities	3.6	Newman-Kenworthy
NY, Chicago, Phil, SF, Boston, Cleveland	4.0	Pushkarev-Zupan
Auckland, Canterbury + Wellington regions	4.9	Wedderburn (2013)

Critique de l'évaluation présentée dans l'étude d'impact

Dans l'étude d'impacts, le tableau 9.36 présente le bilan des émissions de GES du projet. Il conclut à une modeste baisse de 60 000 tonnes, sur le bilan cumulatif de 2026 à 2041. Cette évaluation est clairement erronée, à cause de nombreuses lacunes et erreurs méthodologiques :

- Sans aucune démonstration, l'étude déclare de fortes émissions, soit 82 000 tonnes, provenant du déboisement. Cette évaluation est basée sur un facteur d'émissions de 700 tonnes de matière organique par hectare, typique d'une forêt tropicale ! De plus, l'évaluation a dû être réalisée avant l'engagement suivant du promoteur : « *Le long du tracé, plusieurs arbres municipaux et privés sont présents, dont certains sont susceptibles d'avoir une valeur exceptionnelle. Un exercice d'optimisation de l'insertion du tramway est toujours en cours afin, entre autres, de limiter les coupes d'arbres. Le projet comportera cependant la mise en oeuvre d'un programme de plantation et, au final, un plus grand nombre d'arbres seront plantés par rapport à ceux qui seront coupés* » (résumé de l'étude d'impact, p.8).

- En incluant les activités de construction, il faut féliciter le promoteur de tenir compte du cycle de vie du projet. Par contre, pour les activités qui permettent de réduire les émissions (remplacement des automobiles et des autobus diesel), il n'y a aucun effort pour tenir compte du cycle de vie.

- À partir de 2033, le tableau affirme implicitement que le projet ne remplace plus des autobus diesel. Est-ce qu'on présume que tous les autobus de la région de Québec sont électriques? Il est pourtant déraisonnable de présumer que des autobus électriques sont un substitut au tramway.

- Suite à l'implantation du tramway (an 1), l'étude conclut que 12 000 trajets automobile par jour seront « évités », grâce au tramway. **Mais dans les 14 années subséquentes, pas un seul automobiliste supplémentaire ne se convertit au transport collectif.**

- Même si plusieurs volets de l'étude affirment que le projet va consolider le développement le long des stations, il n'y a donc pas un seul développement qui va « éviter » des trajets en automobile.

- L'étude conclut que la longueur moyenne d'un trajet en tramway sera de 6 km. Pour calculer les émissions évitées, l'étude présume que chaque automobile remplacée roulerait sur 6 km. Dans la réalité, un banlieusard, attiré par le tramway, peut décider de déménager à portée de marche d'une station. Par exemple, il pourrait remplacer un déplacement automobile de 50 km par un trajet en tram de 6 km. Les données internationales sont claires à cet effet (voir tableau précédent de Todd Litman) : en **moyenne**, la distance évitée en automobile est 3 à 5 fois plus grande que celle parcourue en transport collectif.

- Même si cela n'est pas de la responsabilité du consultant qui fait les études, rappelons que le projet n'est accompagné d'aucune mesure incitative pour favoriser le transport collectif. Pour bien évaluer la baisse probable des émissions, il est raisonnable de présumer que des mesures permettront de convertir davantage de citoyens au transport collectif.

Notre évaluation, au tableau suivant, vise à corriger plusieurs de ces lacunes. Les données de cycle de vie sont incluses dans les facteurs d'émissions des autobus, des automobiles et du tramway. Le facteur d'émission du tramway tient compte des 3 km en souterrain.

Nous présumons qu'il reste encore un effet négatif de la COVID en 2026 (an 1), avec un achalandage de 80 000 déplacements /jour. Cet achalandage augmenterait ensuite à 90 000, après 15 ans et à 100 000 après 30 ans. Le nombre d'automobile remplacées passe à 18 000 /jour après 15 ans et à 24 000 /jour après 30 ans.

Réduction des émissions de gaz à effet de serre (2040)				
Évaluation relative à un scénario de base utilisant des autobus diesel hybrides				
Enjeux	Autobus diesel, remplacés 2026	Tramway 2026	Tramway 2041	Tramway 2056
Déplacements /jour	60 000	80 000	90 000	100 000
Réduction des émissions des options de transport collectif (relativement au scénario de base des autobus diesel)				
Distance moyenne	6 km / déplacement			
Facteur d'émissions GES du cycle de vie g CO2 éq. /déplacement.km	250 g (Forte congestion)	25 g	25 g	25 g
Émissions totales CO2 /jour (cycle de vie)	90 t	12 t	13,5 t	15 t
Baisse par rapport au scénario autobus hybride	Scénario de base	Baisse de 78 t /jour	Baisse de 76,5 t /jour	Baisse de 75 t /jour
Réduction des émissions dues aux automobiles remplacées et aux réductions des distances				
Effets de la concentration du développement sur les distances parcourues :				
-Pour le tramway : 1 km en transport collectif évite 3 km automobile				
-Chaque automobiliste qui adopte le transport collectif (6 km) évite un équivalent de 18 km en automobile				
Automobiles : Facteur d'émissions GES du cycle de vie	300 g CO2 éq. /déplacement.km x 18 km (facteur équivalent à un auto-solo intermédiaire ou un VUS avec 1,2 personne)			
Automobiles remplacés /jour	Scénario de base	12 000	18 000	24 000
Nombre de trajets auto /jour (aller /retour)		24 000	36 000	48 000
Baisses en tonnes CO2		130 t /jour	194 t /jour	259 t /jour
Baisses totales nettes des émissions				
Baisses des émissions /jour	Scénario de base	Baisse de 208 t /jour	Baisse de 270 t	Baisse de 334 t
Baisses des émissions /année (300 jours /an)		62 400 t /an	81 100 t /an	100 200 t /an

-Comparativement à des autobus diesel, un tramway permet, sur 30 ans, de réduire les émissions de GES de 2,4 millions de tonnes.

Annexe A. Émissions du cycle de vie des modes de transport

Les données internationales

Plusieurs références internationales présentent des données sur les émissions de GES des modes de transport. Il faut cependant être prudent dans les comparaisons, car trois paramètres peuvent affecter grandement les résultats publiés :

1. Émissions directes versus émissions du cycle de vie

Les données d'émissions directes sont les plus communes car, pour le pétrole, elles peuvent être estimées facilement à partir de la consommation énergétique. Les émissions du cycle de vie sont plus élevées que les émissions directes, car elles devraient inclure les émissions de plusieurs autres activités en amont: raffinage du pétrole, fabrication des véhicules...

2. Le nombre moyen de personnes à bord

Les études internationales présentent des données d'émissions de GES par déplacement-km. Pour les options de transport collectif, le nombre typique de personnes à bord (facteur de charge) peut varier grandement.

3. Le profil de production d'électricité

Pour les modes propulsés à l'électricité, il peut y avoir des résultats très différents si l'électricité provient de sources à faibles émissions (ex. hydro, nucléaire ou éolien), ou du charbon, dont les émissions sont élevées.

En somme, des comparaisons rigoureuses utilisent les émissions de GES du cycle de vie (par déplacement-km) **adaptées au contexte**. Notons que ce facteur ne tient pas compte de la distance parcourue par trajet, ce qui néglige l'enjeu de l'étalement urbain. D'autres analyses doivent tenir compte de cet enjeu, si l'objectif est de réduire la quantité totale d'émissions de GES. En fonction des conditions québécoises, nous avons estimé des facteurs qui semblent le plus représentatifs.

Facteurs d'émissions de cycle de vie, adaptés au Québec (tenant compte de leur durée de vie)

Options	Facteur de charge	g CO2 éq. / déplacement /km)	
		Énergie utilisée	Cycle de vie
Auto intermédiaire	1 p /auto	Essence	300
Autobus hybride STM	Élevé	Diesel	150
Autobus sur voie réservée	Moyen		200
Autobus de banlieue	Faible		270
Train de banlieue	Faible		110
Skytrain du REM	Moyen	Hydroélectricité	60
Train de banlieue	Moyen		30
Tramway	Moyen		20
Tramway	Élevé		15
Trolleybus	Moyen		30
Métro (premier 30 ans)	Moyen		70
Métro (premier 30 ans)	Élevé		40
Métro (après 30 ans)	Élevé	10	

N.B. Pour qu'un mode atteigne un facteur de charge élevé, il doit normalement servir dans les deux directions, en pointe du matin.

Note méthodologique: Pourquoi le *skytrain* émet-il 3 ou 4 fois plus de GES qu'un tramway? À cause des émissions élevées provenant de la construction des infrastructures en béton.

Compilation de données internationales;

Facteurs d'émissions des modes de transport des personnes (g CO₂ éq. /déplacement -km)

	Options	Réf.	Détails dont facteur de charge	Énergie utilisée	Émissions directes	Cycle de vie
Autos, VUS, pick-up	Toyota Prius	10	1 p. /auto	essence	168	262
	Auto intermédiaire	1	1,58 p /auto		144	235
	Auto intermédiaire	1	1 p /auto		229	
	Auto moyenne, Qc	6	1 p /auto		211	
	VUS moyen	1	1,74 p /véhicule		171	275
	Ford Explorer	10	1 p /véhicule		371	578
	VUS moyen	1	1 p /véhicule		299	
	Pick-up moyen	1	1,46 p /véhicule		263	380
Autobus urbains	US hors pointe	1	10,5 p /véhicule	diesel	295	410
	US pointe	1	60 p /véhicule		37	53
	Express Vancouver	10			141	201
	Urbain Vancouver	10			189	270
	Qc typique ?	6			60	
	UK typique	5	8,2 p /véhicule		186	
	Londres moyenne	5	16,7 p /véhicule		86	
	STM réseaux	7	14,5 p /véhicule		106	
	STM totaux	8	incluant transport adapté		216	
	Laval	9			131	
Autobus inter-urbains	Trolleybus Vancouver	10		Mix hydro gaz	65	107
	Interurbain	2	typique US	cycle diesel	43	71
	Qc typique	6	?	diesel	60	
	Interurbain U.K.	5	16,2 p /véhicule	diesel	31	
Trains de banlieue	SFBA Caltrain	1	Long réseau 63 000 pa./j	diesel	39	98
	Metro Transit Nortstar	2	Charge 24%	diesel	116	
	Sounders South	2	Charge 29%	diesel	88	
	Qc, typique	6		diesel	110	
	Skytrain Vancouver	10		Mix hydro gaz	60	156
	Skytrain SF BART 8 wagons	1	146 p /train	Electricité 200 g/kWh	40	88
	Train Mascouche	4	110 p /train (bi-mode)	diesel hydro	44 10	
	Train élec. Vancouver	10		Mix hydro gaz	28	52
Tramways	Tramway Vancouver	10		Mix hydro gaz	22	33
	Croydon Tramlink	5	Électricité thermique	525 g/kWh	45	
	Manchester	5	Électricité thermique	525 g/kWh	40	
	Portland /Seattle	2	Charge 53%	Diesel	65	
Trains inter-urbains	California High Speed	2	Charge 60% électrique	260 g/kWh	24	
	Typique États-Unis	2	Cycle, sans les infra.	Cycle diesel	81	112
	Via Rail	3	(Non dévoilé)	Diesel	87	
Métros	SF Muni	(1)	électrique 128 500 p /j	260 g/kWh	25	102
	Boston Green Line	(1)	électrique 232 000 p /j	510 g/kWh	46	135
	London Underground	(5)	Électricité thermique	525 g/kWh	74	

Références:

- (1) Mikhail V. Chester, *Life-cycle Environmental Inventory of Passenger Transportation in the United States*, Institute of Transportation Studies, Berkeley, 2009, cité aussi par Victoria Public Transit Institute
- (2) National Cooperative Rail Research Program, *Comparison of Passenger Rail Energy Consumption with competing Modes*, Transportation Research Board, 2015
- (3) Via Rail, *Rapport sur la mobilité durable 2015*
- (4) Gouvernement du Québec, *évaluation du projet de train de Mascouche*, basé sur données 2001 de l'Agence de l'efficacité énergétique
- (5) 2011 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors, 2011, U.K.
- (6) Transition énergétique Québec, *Table de conversion*
- (7) STM, *Rapport de développement durable*, 2016
- (8) STM, *Plan de développement durable*, 2020, p. 53
- (9) STL, *Plan de développement durable* 2013
- (10) Patrick Condon, Kari Dow, "Cost Comparisons of transportation modes", *Foundational Research Bulletin*, no.7, 2009