

Le Consortium DS-SM-HMM

Sherbrooke, le 30 janvier 2009

Monsieur Yves Phaneuf
Directeur d'études principal
Agence métropolitaine de transports (AMT)
500, Place d'Armes
25^e étage
Montréal (Québec), H2Y 2W2

Objet : AMT - Projet du Train de l'Est (P011593)

Sujet : Estimation du bilan d'émission de NO_x, de SO₂ et de PM_{2,5} pour le projet du Train de l'Est

☐ **Mise en contexte**

Cette lettre a pour objectif de répondre à une question du BAPE concernant le bilan net des émissions de SO₂, de NO_x et de matières particulaires (PM_{2,5}) dans le cadre du projet du Train de l'Est. Le présent document vise donc à estimer les quantités annuelles totales de ces trois polluants émis par les trains et les quantités annuelles totales associées au retrait de véhicules automobiles sur le réseau routier montréalais pour ensuite dresser un bilan annuel.

☐ **Hypothèses et méthodologie**

Les calculs des émissions de NO_x, de PM_{2,5} et de SO₂ par les locomotives et les automobiles sont basés sur les hypothèses de départ suivantes :

ÉMISSIONS DES LOCOMOTIVES

- Les émissions des locomotives sont estimées uniquement sur le tronçon non-électrifié du tracé ferroviaire proposé, c'est-à-dire entre la gare Mascouche et la gare Canora, laquelle devrait constituer le lieu où les trains passeront du mode diesel au mode électrique et vice-versa. Le temps requis pour effectuer le trajet non électrifié (TNE) est établi à typiquement 54 minutes;
- Selon l'horaire prévu, le nombre quotidien de trajets entre Mascouche et le centre-ville de Montréal (ou vice-versa) est établi à 16. Compte tenu que le Train de l'Est ne sera pas en opération les fins de semaine et les jours fériés, le nombre annuel de trajets s'élèvera à environ 3 840 (16 trajets quotidiens multipliés par 240 jours);
- Les calculs d'émissions prennent en considération que les deux moteurs d'une locomotive fonctionneront simultanément lors du trajet entre la gare Mascouche et la gare Canora. Les calculs ont été effectués en prenant comme hypothèse que l'un des moteurs fonctionnera à vitesse maximum (1 800 RPM) pendant 20 minutes, à vitesse réduite (1 400 RPM) pendant 10 minutes et au ralenti (1 200 RPM) lors des arrêts en gare, pendant 24 minutes. Les calculs prennent aussi en considération que le train arrêtera dans 12 gares entre les gares Mascouche et Canora pour une moyenne de deux minutes par gare. Il a été établi que le 2^{ème} moteur fonctionnera principalement au ralenti (1 200 RPM), sauf lorsque la locomotive

quittera une gare et nécessitera une énergie accrue pour accélérer. Par conséquent, le 2^{ème} moteur fonctionnera à vitesse maximum (1 800 RPM) pendant 12 minutes et au ralenti pendant 42 minutes;

- Les données relatives aux émissions de NO_x et de PM_{2,5} d'un moteur comparable à celui des locomotives prévues ont été obtenues du fabricant. Ce dernier a précisé les formules à utiliser pour calculer les facteurs d'émissions de NO_x et de PM_{2,5} en fonction de la puissance générée par le moteur. Les locomotives seront conçues de manière à ce que les émissions de NO_x et de PM_{2,5} soient inférieures d'au moins 10 % de la norme « Tier-2 » établie par l'Environmental Protection Agency (EPA), lesquelles sont respectivement établies à 5,5 g/bhp-hr et 0,2 g/bhp-hr. Il faut noter qu'il a été établi que les émissions de PM_{2,5} représentent environ 95 % des émissions totales de PM;
- Le facteur d'émission de SO₂ a été obtenu à partir du document « Programme de surveillance des locomotives de 2006 » élaboré par Transports Canada. Le facteur d'émission des trains de passagers y est estimé pour du diesel contenant 1 275 ppm de soufre. Après vérification auprès d'un expert de Transports Canada, la conversion a été effectuée pour déterminer le facteur d'émission pour du diesel à faible teneur en soufre (15 ppm). Ce facteur d'émission est donc établi à 0,0255294117 g/l de carburant utilisé;
- Les formules des facteurs d'émission sont les mêmes que celles qui ont été utilisées dans la section 1.4 du rapport intitulé « Modélisation des émissions atmosphériques des trains à la gare Mascouche » et qui a été présenté au BAPE en octobre 2008 (document PR-8.7). Ces formules sont présentées dans le tableau suivant :

Paramètre	Facteurs d'émission pour un moteur de locomotive
NO _x	5,5 g/bhp-hr X puissance générée (en bhp) X 90 % = Facteur d'émission (en g/hr)
PM _{2,5}	0,2 g/bhp-hr X puissance générée (en bhp) X 90 % X 95 % = Facteur d'émission (en g/hr)
SO ₂	0,0255294112 g/l X consommation (en l/min) = Facteur d'émission (en g/min)

ÉMISSIONS ASSOCIÉE AUX VOITURES RETIRÉES DU RÉSEAU ROUTIER

- Conformément à l'horaire prévu d'opération des trains, les émissions des voitures retirées de la circulation se dérouleront pendant 240 jours annuellement;
- Selon l'étude d'impact sur l'environnement du projet du Train de l'Est (PR3.1 - Rapport principal, p.42), le nombre total de voitures susceptibles d'être retirées de la circulation s'élève à 869 par période de pointe du matin;
- Selon le calcul du bilan de gaz à effet de serre réalisé dans le cadre l'étude d'impact sur l'environnement du projet du Train de l'Est, la distance totale (incluant les voyages de retour en après-midi) parcourue par les voitures qui seraient retirées de la circulation s'élève à 13 729 920 km. Les données sur la provenance des voitures retirées du réseau routier ont

été tirées d'un document réalisé par STM et AMT en 2007¹. Les données concernant la distance entre les villes de provenance et le centre-ville de Montréal proviennent du MTQ²;

- Les facteurs d'émission des voitures de passagers ont été obtenus auprès d'un spécialiste d'Environnement Canada (Environnement Canada, comm. pers. 13 janvier 2009).
- Les émissions de NO_x, de PM_{2,5} et de SO₂ sont en partie proportionnelles à la consommation d'essence des véhicules automobiles. Selon le Guide de consommation de carburant de 2008 élaboré par l'Office de l'efficacité énergétique de Ressource Naturelle Canada, la consommation d'essence augmente de 20 % à 65 % pour la conduite en ville comparativement à la conduite fluide sur route. Compte tenu que les voitures retirées des routes auraient circulées pendant l'heure de pointe et qu'elles auraient fonctionnées comme si elles étaient en ville (fréquence élevée d'arrêts et de départs, ralentissement causé par la congestion automobile, etc.), les taux d'émission fournis par Environnement Canada ont ainsi été augmentés de 40 %;
- En prenant en considération l'augmentation de 40 % de la consommation de carburant en raison de la conduite en ville, les facteurs d'émissions sont les suivants :

Paramètre	Voiture pour passagers munie d'un moteur à essence	Voiture pour passagers munie d'un moteur au diesel
NO _x	0,74704 g/km	0,76874 g/km
PM _{2,5}	0,0035 g/km	0,07126 g/km
SO ₂	0,0049 g/km	0,03164 g/km

Source : Environnement Canada, comm. pers. 13 janvier 2009 et RNC, 2008.

- La proportion de voitures fonctionnant au diesel dans le parc automobile québécois a été obtenue à partir de données fournies par la Direction des études et des stratégies en sécurité routière, de la Société d'Assurance Automobile du Québec (SAAQ). Selon cette source, les voitures automobiles fonctionnant au diesel représentent environ 1,2 % de l'ensemble des véhicules de passagers (SAAQ, comm. pers. 14 janvier 2009).

□ **Calculs et résultats**

Cette section présente les calculs effectués pour obtenir l'estimation des émissions annuelles de polluants par les locomotives et les automobiles et pour dresser un bilan des émissions de NO_x, de PM_{2,5} et de SO₂ associées au transfert modal.

¹ SOCIÉTÉ DE TRANSPORT DE MONTRÉAL (STM) ET AMT. 2007. *Données sur l'achalandage appréhendé pour la ligne du Train de l'Est*. Simulations réalisées par la STM et traitement des données par l'AMT.

² MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. 2008. *Outil d'estimation des distances routières*. <http://www.quebec511.gouv.qc.ca/>

ÉMISSIONS DES LOCOMOTIVES

Compte tenu des hypothèses établies précédemment, les émissions polluantes des locomotives ont été calculées à l'aide des formules présentées dans le tableau 1. Ces formules fournissent une estimation des émissions de NO_x, de PM_{2,5} et de SO₂ par les locomotives pour chaque trajet non électrifié (TNE) de 54 minutes :

Tableau 1 : Calcul des facteurs d'émissions en grammes par trajet non électrifié (g/TNE)

	Calculs effectués	
	Moteur 1	Moteur 2
Facteur d'émissions de NO_x	$((5,5 \text{ g/bhp-hr} \times 2 \text{ 280 bhp} \times (20/60 \text{ hr})) + (5,5 \text{ g/bhp-hr} \times 1 \text{ 073 bhp} \times (10/60 \text{ hr})) + (5,5 \text{ g/bhp-hr} \times 676 \text{ bhp} \times (24/60 \text{ hr}))) \times 90 \%$	$((5,5 \text{ g/bhp-hr} \times 2 \text{ 280 bhp} \times (12/60 \text{ hr})) + (5,5 \text{ g/bhp-hr} \times 676 \text{ bhp} \times (42/60 \text{ hr}))) \times 90 \%$
	5 985,7050 g/TNE	4 599,5400 g/TNE
Facteur d'émissions de PM_{2,5}	$((0,2 \text{ g/bhp-hr} \times 2 \text{ 280 bhp} \times (20/60 \text{ hr})) + (0,2 \text{ g/bhp-hr} \times 1 \text{ 073 bhp} \times (10/60 \text{ hr})) + (0,2 \text{ g/bhp-hr} \times 676 \text{ bhp} \times (24/60 \text{ hr}))) \times 95 \% \times 90 \%$	$((0,2 \text{ g/bhp-hr} \times 2 \text{ 280 bhp} \times (12/60 \text{ hr})) + (0,2 \text{ g/bhp-hr} \times 676 \text{ bhp} \times (42/60 \text{ hr}))) \times 95 \% \times 90 \%$
	206,7789 g/TNE	158,8932 g/TNE
Facteur d'émissions de SO₂	$((0,0255294117 \text{ g/l} \times 7,17 \text{ l/min} \times 20 \text{ min}) + (0,0255294117 \text{ g/l} \times 3,22 \text{ l/min} \times 10 \text{ min}) + (0,0255294117 \text{ g/l} \times 2,05 \text{ l/min} \times 24 \text{ min}))$	$((0,0255294117 \text{ g/l} \times 7,17 \text{ l/min} \times 12 \text{ min}) + (0,0255294117 \text{ g/l} \times 2,05 \text{ l/min} \times 42 \text{ min}))$
	5,7390 g/TNE	4,3946 g/TNE

Pour chacun des moteurs en opération, les émissions annuelles peuvent être estimées à partir du nombre annuel de trajets, lequel est établi à 3 840. Les résultats ont également été convertis en tonnes métriques (t.m.) pour faciliter la lecture des résultats.

$$\text{Émissions annuelles} = (\text{Facteur d'émissions} \times \text{Nb annuel de trajets}) / 1\,000\,000$$

Le tableau 2 présente les émissions annuelles totales des locomotives alimentées au diesel circulant entre les gares de Mascouche et Canora.

Tableau 2 : Calcul des émissions annuelles associées aux locomotives (en t.m.)

	Émissions annuelles (en t.m. /an)		
	Moteur 1	Moteur 2	Total
Émissions annuelles de NO_x	22, 9851 t.m./an	17,6622 t.m./an	40,6473 t.m./an
Émissions annuelles de PM_{2,5}	0,7940 t.m./an	0,6101 t.m./an	1,4041 t.m./an
Émissions annuelles de SO₂	0,0220 t.m./an	0,0169 t.m./an	0,0389 t.m./an

ÉMISSIONS ASSOCIÉES AUX VOITURES RETIRÉES DU RÉSEAU ROUTIER

Pour chacun des trois polluants ciblés, les émissions annuelles totales (en t.m.) des voitures qui seront retirées du réseau routier peuvent être estimées à l'aide de la formule suivante :

$$\frac{((\text{Facteur d'émission X km parcourus X proportion de voitures à essence}) + (\text{Facteur d'émission X km parcourus X proportion de voitures au diesel}))}{1\ 000\ 000}$$

Les résultats obtenus en appliquant cette formule à chacun des trois polluants sont présentés au tableau 3.

Tableau 3 : Calcul des émissions annuelles par les automobiles (en t.m.)

	Calculs effectués
Émissions de NO _x	$((0,74704 \text{ g/km} \times 13\ 729\ 920 \text{ km} \times 0,988) + (0,76874 \text{ g/km} \times 13\ 729\ 920 \text{ km} \times 0,012)) \div 1\ 000\ 000$
	10,2604 t.m. / année
Émissions de PM _{2,5}	$((0,0035 \text{ g/km} \times 13\ 729\ 920 \text{ km} \times 0,988) + (0,07126 \text{ g/km} \times 13\ 729\ 920 \text{ km} \times 0,012)) \div 1\ 000\ 000$
	0,0592 t.m. / année
Émissions de SO ₂	$((0,0049 \text{ g/km} \times 13\ 729\ 920 \text{ km} \times 0,988) + (0,03164 \text{ g/km} \times 13\ 729\ 920 \text{ km} \times 0,012)) \div 1\ 000\ 000$
	0,0717 t.m. / année

BILAN DES ÉMISSIONS POLLUANTES

Le tableau 4 résume les émissions annuelles de NO_x, de PM_{2,5} et de SO₂ provenant des locomotives et des automobiles et le bilan annuel net (en t.m.) des émissions atmosphériques.

Tableau 4 : Bilan annuel net des émissions des locomotives et des automobiles

	Locomotives	Automobiles	Bilan net
Émissions de NO _x	40,6 t.m./an	10,3 t.m./an	+ 30,3 t.m./an
Émissions de PM _{2,5}	1,4 t.m./an	0,06 t.m./an	+ 1,34 t.m./an
Émissions de SO ₂	0,04 t.m./an	0,07 t.m./an	- 0,03 t.m./an

□ **Discussion et conclusion**

Le présent exercice visait à estimer les quantités de NO_x , de $\text{PM}_{2,5}$ et de SO_2 émises par les locomotives circulant entre Mascouche et Montréal et celles émises par les voitures qui seront retirées du réseau routier et à calculer le bilan net d'émissions attribuables au projet du Train de l'Est. Ainsi, l'estimation des émissions de polluants résultant de la mise en opération du Train de l'Est ont permis de constater une augmentation globale des émissions de NO_x et de $\text{PM}_{2,5}$, ainsi qu'une diminution des émissions de SO_2 , tel que résumé ci-dessous :

- NO_x : Augmentation de 30,3 t.m./année
- $\text{PM}_{2,5}$: Augmentation de 1,34 t.m./année
- SO_2 : Diminution de 0,03 t.m./année

Cependant, en raison du transfert modal de l'automobile vers le train de banlieue, le retrait de véhicules automobiles du réseau routier devrait entraîner une diminution de la congestion routière et une amélioration de la fluidité de la circulation automobile. Un certain nombre de véhicules automobiles, comprenant autant des voitures individuelles que des véhicules plus polluants tels que les camions et les autobus fonctionnant au diesel, sont ainsi susceptibles d'être immobilisés moins longtemps dans un scénario où le projet du Train de l'Est est en opération. L'amélioration de la fluidité de la circulation automobile durant les heures de pointe devrait entraîner des réductions d'émission de NO_x , de $\text{PM}_{2,5}$ et de SO_2 significatives compte tenu que la consommation de carburant augmente de l'ordre de 20 % à 65 % selon le modèle de véhicule pour la conduite en ville (arrêts et départs fréquents), ce qui entraîne l'émission supplémentaire de contaminants. Selon l'expérience acquise avec les autres trains de banlieue mis en service au cours des dernières années, l'achalandage initial du train considéré dans les calculs présentés ici devrait augmenter au fil des années.

Par ailleurs, le présent exercice n'a pas pris en considération l'augmentation de la circulation automobile qui devrait découler de la forte croissance démographique prévue dans les villes de la couronne nord-est de Montréal. Sans transport collectif adéquat, l'augmentation du nombre de véhicules sur le réseau routier montréalais due à l'augmentation de la population se soldera par une augmentation du kilométrage parcouru en automobile. Bien que les taux d'émissions des automobiles soient appelés à diminuer avec les années, l'augmentation globale des distances parcourues conjuguée à celle de la congestion automobile accrue pourrait entraîner des émissions additionnelles.

Enfin, rappelons que le bilan des GES associés au transfert modal indique une réduction annuelle de 2 530,6 t.m. d'équivalent de CO_2 . Espérant le tout à votre entière satisfaction, nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments distingués.



Carmen Pelletier, M. Env.
Responsable - Étude d'impact

CP/JR