

Ministère des Transports du Québec

**Mesure du coût de la congestion
à Montréal selon la méthode du
Texas Transportation Institute**

Rapport final

Le 24 février 2010

Les Conseillers ADEC inc.

économie / administration / recherche marketing

560, boulevard Henri-Bourassa Ouest, bureau 311

Montréal (Québec) H3L 1P4

T. 514 332-7606 / F. 514 335-5434 / conseil@adec-inc.ca / www.adec-inc.ca



Table des matières

Acronymes et abréviations	IV
Sommaire	V
Contexte méthodologique	V
Application à Montréal	VI
Résultats	VI
1 Introduction.....	1
2 Description de la méthode du Texas Transportation Institute	2
3 Application de la méthode à la région de Montréal	12
3.1 Estimation des DJMA	12
3.2 Harmonisation des définitions d'artères	13
3.3 Détermination de l'équivalent montréalais de l'Urban Area	14
3.4 Estimation du facteur des retards incidents pour les autoroutes	15
4 Résultats pour la région urbaine de Montréal	16
4.1 Résultats physiques et indicateurs de mobilité	16
4.2 Coût de la congestion	22
4.3 Synthèse des résultats.....	24
5 Différences entre les résultats de 2009 et les résultats précédents.....	32
5.1 Le territoire visé	32
5.2 Les vitesses de transport	33
5.3 Le facteur des retards incidents.....	35
5.4 Les indices de congestion	35
6 Conclusion	38
7 Bibliographie.....	41

Liste des tableaux

Tableau S.1 Sommaire des résultats – Méthode Schrank et Lomax	VII
Tableau S.2 Sommaire de l'évolution des indices de congestion.	VIII
Tableau 2.1 Niveau de congestion selon le DJMA par voie	3
Figure 1 Part du DJMA susceptible d'être affectée par la congestion	4
Tableau 2.2 Estimation des vitesses par niveau de congestion	6
Tableau 2.3 Constantes du 2009 Urban Mobility Report	7
Tableau 3.1 Type de liens du MOTREM correspondant aux catégories de la méthode du TTI	13
Figure 2 Territoires couverts par l'enquête O-D 2003 et par la région urbaine définie par Statistique Canada	14
Tableau 4.1 Vitesses moyennes par niveau de congestion et direction	17
Tableau 4.2 Répartition des liens selon les niveaux de congestion et VMP avant l'application de l'ICR	18
Tableau 4.3 VMP par niveau de congestion et par direction après application de l'ICR	20
Tableau 4.4 Retard annuel par type de retard et type de route	21
Tableau 4.5 Données spécifiques à la région de Montréal	22
Tableau 4.6 Indicateurs de congestion et positionnement de la région urbaine de Montréal	24
Tableau 4.7 Principales données et indicateurs de mobilité pour les 40 régions urbaines américaines les plus congestionnées et pour Montréal	26
(suite)	27
Tableau 4.8 Situation de Montréal (2003) par rapport à 19 villes américaines de taille similaire (2007), en ordre décroissant de coût de congestion	29

Figure 3 Différences entre la nouvelle zone urbaine et celle utilisée lors des études précédentes 33

Tableau 5.1 Estimation de la vitesse moyenne du réseau en période de pointe 34

Tableau 5.2 Évolution des indices de congestion dans le temps 36

Acronymes et abréviations

DJMA	Débit journalier moyen annuel
FHWA	Federal Highway Administration (U.S.)
HPMS	Highway Performance Monitoring System
ICR	Indice de congestion routière
ITD	Indice du taux de déplacement
MOTREM	Modèle de transport de la région de Montréal
MTQ	Ministère des Transports du Québec
O-D	Origine-destination
RU	Région urbaine
TTI	Texas Transportation Institute
VMP	Véhicules-milles parcourus

Sommaire

Contexte méthodologique

Il existe quelques méthodes évaluer la congestion routière dans les grandes régions urbaines. La méthode mise en application dans le cadre de la présente recherche est utilisée aux États-Unis depuis le début des années 1980. Elle fut développée et appliquée par David Schrank et Tim Lomax, du Texas Transportation Institute (TTI). Cette méthode est utilisée dans un objectif de comparaison, de positionnement et de suivi de la mobilité pour 90 grandes régions urbaines américaines. Elle est fondée sur les données de débits journaliers moyens annuels (DJMA) des liens, sur lesquelles plusieurs hypothèses et procédures de calcul sont appliquées. Cette méthode est très macroscopique et ne tient pas compte de toutes les caractéristiques particulières des milieux urbains. Cette méthode permet davantage de classer et de comparer les zones urbaines ainsi que de suivre l'évolution des conditions de congestion dans le temps et ce, à partir d'une base de données limitée, plutôt que de présenter une mesure précise de la congestion d'une ville en particulier. Donc, ce ne sont pas tant les valeurs absolues, mais le rang des indicateurs qui compte.

Les principaux avantages de la méthode sont les suivants :

- ◆ peu de données de base à colliger;
- ◆ simplicité relative des calculs;
- ◆ comparabilité des résultats dans l'espace et dans le temps pour 90 régions urbaines des États-Unis.

Les principaux désavantages de la méthode sont :

- ◆ plusieurs hypothèses simplificatrices;
- ◆ ne permet de calculer qu'un ordre de grandeur du coût de la congestion pour une ville donnée.

Application à Montréal

La méthode est appliquée à la région de Montréal sur la base des données de circulation de 2003, obtenues à partir de l'enquête Origine-Destination de 2003 et modélisées à l'aide du modèle d'affectation des déplacements MOTREM03¹.

L'analyse porte sur les déplacements :

- ◆ Réalisés en période de pointe, c'est-à-dire de 6h00 à 9h00 et de 15h30 à 18h30 les jours ouvrables;
- ◆ Effectués sur les liens autoroutiers et les liens artériels;
- ◆ Sur la partie la plus urbanisée (1 738 km²) du territoire de la grande région de Montréal (5 520 km²).

Faute de comptages pour chacun des liens routiers de la région urbaine de Montréal, il a fallu estimer les DJMA à partir des simulations du MOTREM03. De plus, aucune donnée sur l'occurrence des incidents et leurs impacts sur les retards n'était disponible. Cet impact a donc été estimé par Schrank et Lomax eux-mêmes, à partir des données du réseau routier de Montréal et des DJMA associés.

Résultats

- ◆ En 2003, 40,5 % des liens autoroutiers et 33,6 % des liens artériels sont considérés congestionnés. Les véhicules-milles parcourus pendant les périodes de pointe sur ces liens représentent 25,4 % des véhicules-milles journaliers.
- ◆ L'indice de congestion routière est de 1,02 pour Montréal, ce qui signifie que jusqu'à 82,0 % des déplacements effectués pendant les périodes de pointe pourraient connaître de la congestion. Montréal se classe au 44^e rang sur les 90 régions urbaines américaines les plus congestionnées en vertu de cet indicateur.

¹ MTQ *Modèle d'affectation routière*. On trouvera des explications méthodologiques générales en ligne à l'adresse http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/recherche_innovation/modelisation_systemes_transport/modele_affectation_routiere

- ◆ Il s'est perdu 31,5 millions d'heures en situation de congestion en 2003, ce qui place Montréal à la 27^e place sur 90. Les retards récurrents sont de 10,4 millions d'heures tandis que les retards incidents sont de 21,1 millions d'heures.
- ◆ Le retard annuel par personne est de 21,8 heures par année, ce qui porte Montréal au 55^e rang.
- ◆ L'indice du taux de déplacement (ITD) est un indicateur de mobilité qui permet d'estimer le temps supplémentaire requis pour effectuer un déplacement. Cet indice est de 1,37 pour Montréal, c'est-à-dire qu'il faut compter 37,0 % plus de temps pour effectuer un déplacement durant l'une des périodes de pointe qu'en dehors de ces périodes, lorsque les conditions de circulation sont fluides. À ce chapitre, Montréal se situe au 5^e rang.
- ◆ Le coût annuel de la congestion à Montréal est, selon la méthode du TTI, de 833,4 millions de dollars canadiens en 2003, ce qui place la région au 24^e rang.
- ◆ Le tableau suivant présente les principaux résultats obtenus pour la région urbaine de Montréal et son positionnement par rapport aux 90 régions urbaines considérées dans les études de Schrank et Lomax.

Tableau S.1 Sommaire des résultats – Méthode Schrank et Lomax

Indicateur	Résultats pour Montréal	Rang sur 90
Indice de congestion routière (ICR)	1,02	44 ^e
Retard annuel	31,5 millions d'heures	27 ^e
Retard annuel par voyageur	21,8 heures	55 ^e
Indice du taux de déplacement (ITD)	1,37	5 ^e
Coût de la congestion	833,4 M\$CAN	24 ^e

Note : Les rangs sont en ordre décroissant de congestion

- ◆ Dans sa catégorie de taille, Montréal se place dans une position avantageuse dans le classement des régions urbaines américaines de Schrank et Lomax. La densité d'occupation du territoire ainsi que la plus forte utilisation des transports en commun constituent des éléments explicatifs.

- ◆ Toutefois, les indicateurs de congestion (ICR et ITD) permettent de dire que la mobilité connaît certaines restrictions dans la région. Il apparaît donc important de poursuivre ce type d'étude afin de suivre l'évolution de la situation, tout en améliorant les données de base utilisées, notamment par la tenue des comptages de circulation.
- ◆ Le Tableau S.2 présente les principaux résultats obtenus lors des études précédentes utilisant la méthode de Schrank et Lomax, ainsi que leurs classements.

Tableau S.2 Sommaire de l'évolution des indices de congestion.

Indice	OD 1998	Rang	OD 1998	Rang	OD 2003	Rang
Méthodologie TTI	2002		2004		2009	
ICR	1,02	39 ^e	1,02	40 ^e	1,02	44 ^e
ITD	1,22	35 ^e	1,23	35 ^e	1,37	5 ^e
Retard total (pers-heures)	53,4 M	21 ^e	27,1 M	24 ^e	31,5 M	27 ^e
Coût de la congestion (2007 \$US)	1 190,9 M	21 ^e	642,1 M	25 ^e	795,6 M	24 ^e

- ◆ Le tableau montre que le classement de la région urbaine de Montréal est demeuré relativement stable, sauf pour l'ITD. Toutefois, les nombres ne sont pas comparables entre eux, car la méthodologie a évolué depuis la dernière étude.

1 Introduction

Ce rapport de recherche s'inscrit dans le cadre des travaux du ministère des Transports du Québec (MTQ) visant à évaluer la congestion routière dans la grande région de Montréal.

La méthode retenue, dans ce cas-ci, est celle utilisée aux États-Unis depuis le début des années 1980 pour les grandes régions urbaines américaines. Cette méthode a été développée et appliquée par David Schrank et Tim Lomax du Texas Transportation Institute (TTI).

La description de la méthode est essentiellement tirée des rapports sur le coût de la congestion aux États-Unis produits par Schrank et Lomax. De plus, certaines étapes et adaptations de la méthode au contexte montréalais ont été validées par les concepteurs américains lors de communications personnelles, dans un souci d'appliquer le plus intégralement possible leur méthode et d'en respecter la démarche. Nous les remercions de leur collaboration.

La méthode de calcul développée par Schrank et Lomax est appliquée dans la région de Montréal sur les données de circulation de 2003, obtenues à partir de l'enquête Origine-Destination de 2003 et modélisées à l'aide du modèle d'affectation des déplacements du Modèle de Transport de la Région de Montréal (MOTREM03)² développé par le Ministère.

² MTQ *Modèle d'affectation routière*. On trouvera des explications méthodologiques générales en ligne à l'adresse http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/recherche_innovation/modelisation_systemes_transport/modele_affectation_routiere.

2 Description de la méthode du Texas Transportation Institute

Les recherches menées par Schrank et Lomax du TTI sur la congestion ont débuté en 1982. Leurs études ont pour but de développer des indicateurs pour suivre l'évolution des conditions de la mobilité urbaine dans le temps, ainsi que de permettre la comparaison entre les villes. La dernière édition de leur recherche³, publiée en 2009, porte sur 90 régions urbaines américaines de plus de 100 000 habitants.

La méthode du TTI traite à la fois les autoroutes et les artères principales. Cette méthode n'essaie pas d'estimer le débit de chaque tranche horaire, mais elle estime simplement la vitesse moyenne sur les liens par direction aux périodes de pointe à partir du rapport DJMA/voie. Tout retard subi à cause d'une vitesse inférieure à 60 milles/heure (97 km/h) sur les autoroutes ou 35 milles/heure (56 km/h) sur les artères est considéré comme de la congestion.

Ainsi, tous les indices de congestion sont calculés à partir de ces données de base, y compris la consommation de carburant. On note que pour faciliter la comparaison avec les résultats des villes américaines, les valeurs monétaires présentées dans ce rapport sont en dollars américains et les distances sont en milles.

Étape 1

Les auteurs utilisent les données de DJMA par lien routier comme information de base. Ces données sont tirées d'un répertoire fédéral appelé Highway Performance Monitoring System (HPMS) pour lequel il n'y a pas d'équivalent au Canada. La première étape consiste donc à assembler ces données pour le réseau urbain visé. Le réseau visé comprend les autoroutes et les artères principales, situées dans les limites de la région urbaine. La définition de la région urbaine est celle de l'US Census Bureau⁴, qui stipule qu'une région urbanisée doit comprendre un minimum de 50 000 personnes dans un lieu ou des lieux adjacents.

³ SCHRANK, David et LOMAX, Tim, *2009 Urban Mobility Report*, Texas Transportation Institute, juillet 2009, 134 pages [En ligne] <http://mobility.tamu.edu/ums/report/>

⁴ US CENSUS BUREAU, *Census 2000 Urban and Rural Classification*, [En ligne] http://www.census.gov/geo/www/ua/ua_2k.html

Des zones périphériques peuvent être ajoutées lorsque le territoire est contigu avec une densité de population d'au moins 1 000 personnes par mille carré, ce qui correspond à 386 individus par kilomètre carré. La région urbaine peut aussi inclure des territoires plus éloignés de même densité s'ils sont reliés à la région par voie routière, à une distance de moins de 2,5 milles de route.

Étape 2

La seconde étape consiste à classer chaque lien routier selon les niveaux de congestion présentés dans le Tableau 2.1 en fonction du niveau de DJMA par voie.

Tableau 2.1 Niveau de congestion selon le DJMA par voie

Niveau de congestion	Autoroutes	Artères
Non congestionné	15 000 ou moins	5 500 ou moins
Léger	15 001 – 17 500	5 501 – 7 000
Moyen	17 501 – 20 000	7 001 – 8 500
Fort	20 001 – 25 000	8 501 – 10 000
Extrême	Plus de 25 000	Plus de 10 000

Source : The 2009 Urban Mobility Report, Appendix A, Exhibit A-6

Ensuite, le DJMA moyen par voie pour chaque niveau de congestion et chaque type de route est calculé en divisant la somme des véhicules-milles parcourus (VMP) par la somme des voies-milles. Ces DJMA moyens servent à calculer la vitesse moyenne pour chaque niveau de congestion. Une deuxième série de vitesses est calculée pour différencier les vitesses de circulation dans le sens de la charge maximale de celles à contre charge.

Étape 3

La troisième étape consiste d'abord à retrancher 50 % des VMP, qui seront retirés des calculs subséquents, afin d'éliminer le trafic hors pointe. La période de pointe du matin considérée par Schrank et Lomax dure de 6h00 à 10h00 et celle du soir de 15h00 à 19h00. Ensuite, une estimation de la quantité maximale des déplacements effectués pendant la période de pointe qui peuvent effectivement se trouver en situation de congestion est effectuée. Cette étape est basée sur l'hypothèse voulant que les conditions de congestion ne perdurent pas nécessairement durant toute la période de pointe. Cette estimation est réalisée à l'aide d'un pourcentage déterminé à partir de l'indice de congestion routière (ICR) pour chaque région urbaine.

L'ICR est un ratio mesurant l'importance relative des tronçons dont la charge quotidienne dépasse 14 000 véhicules/voie sur les autoroutes et 5 500 véhicules/voie sur les artères principales. Un ratio supérieur à 1 est considéré indésirable.

$$ICR = \frac{(\sum DJMA_{au} \times Lng_{au})^2 / \sum Voies_{au} \times Lng_{au} + (\sum DJMA_{ar} \times Lng_{ar})^2 / \sum Voies_{ar} \times Lng_{ar}}{14000 \sum DJMA_{au} \times Lng_{au} + 5500 \sum DJMA_{ar} \times Lng_{ar}}$$

Où : DJMA : débits journaliers moyens annuels

Lng : longueur du tronçon de route

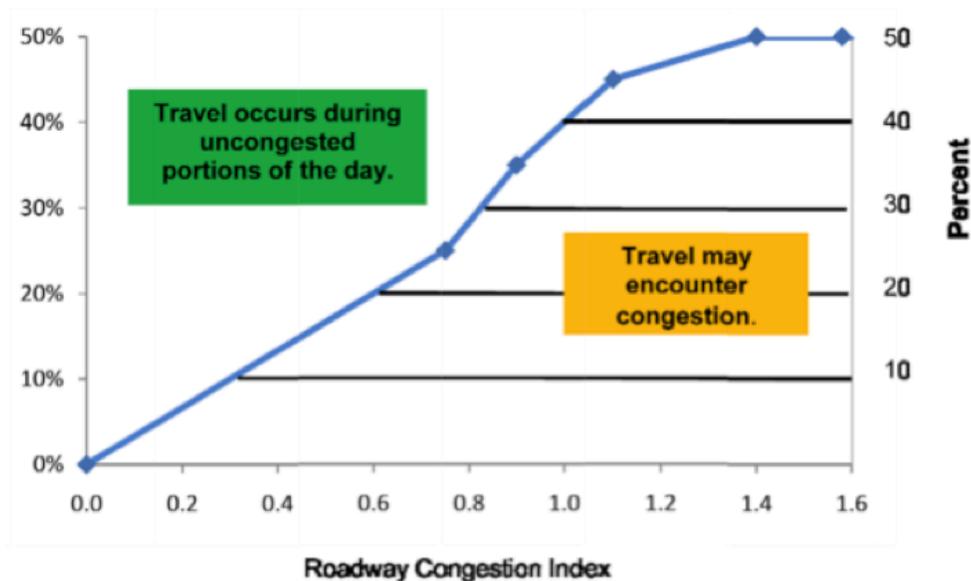
voies : nombre de voies du tronçon de route

au : autoroute

ar : artère

L'ICR sert ensuite à estimer le pourcentage maximal du trafic journalier qui subit effectivement de la congestion. La figure suivante établit la relation entre ces deux variables.

Figure 1 Part du DJMA susceptible d'être affectée par la congestion



Source : The 2009 Urban Mobility Report, Appendix A, Exhibit A-2

Dans leur plus récente étude, Schrank et Lomax évaluent que la proportion du trafic journalier jugé en situation de congestion potentielle varie de 18,8 % à 50,0 %, parmi les régions urbaines considérées.

Le pourcentage de trafic en période de pointe jugé non congestionné varie donc de 0,0 % à 31,2 %. Ce pourcentage, appliqué au total des véhicules-milles parcourus, donne la proportion des déplacements non congestionnés lors de la période de pointe. Pour les étapes subséquentes, cette proportion de VMP pour chaque lien sera attribuée au niveau de trafic sans congestion et ce, même si le lien est classé congestionné.

Par exemple, pour un réseau où l'ICR serait égal à 1,00, la Figure 1 indique que 40,0 % du DJMA serait susceptible d'être affectés par la congestion en période de pointe. Il s'agit ici d'un maximum potentiel que les étapes ultérieures permettront éventuellement de réduire. Le reste du DJMA des périodes de pointe, soit 10 % (50 % - 40 %), serait considéré comme non affecté par la congestion.

Étape 4

Pour chaque lien routier, un facteur directionnel est calculé. Ce facteur se calcule en divisant les véhicules-milles parcourus dans le sens de la charge maximale pour les pointes du matin et du soir par le total des véhicules-milles parcourus lors des deux périodes de pointes. Les liens à sens unique ont par définition un facteur de 1.

Étape 5

La cinquième étape consiste à allouer les VMP à chacune des catégories de route, niveau de congestion et direction de la charge. Par exemple, un lien autoroutier d'une longueur de 0,5 mille avec un DJMA/voie de 22 000 aura un niveau de congestion dit « fort ».

Si le facteur directionnel pour ce lien est de 0,8 et que l'ICR obtenu indique que 46 % du trafic journalier est jugé congestionné, cela signifie que des 11 000 véhicules-milles parcourus sur ce lien, $(0,46 * 0,8 * 11\ 000)$ 4 048 seront alloués au niveau de congestion autoroutier « fort » dans le sens de la charge, $(0,46 * (1-0,8) * 11\ 000)$ 1 012 seront alloués au niveau de congestion autoroutier « fort » dans le sens inverse de la charge et $((0,5-0,46) * 11\ 000)$ 440 seront alloués au niveau « non congestionné ». La méthode pose l'hypothèse que les 5 500 VMP restants ne sont pas effectués pendant les périodes de pointes, donc ils ne peuvent subir de congestion et ne sont pas considérés dans les calculs.

Étape 6

À cette étape, les vitesses pour chaque niveau de congestion et chaque direction sont calculées à partir des équations du Tableau 2.2.

Tableau 2.2 Estimation des vitesses par niveau de congestion

Niveau de congestion	Équations de vitesse (mi/h)	
	Sens de la charge	Contre charge
Autoroutes		
Non congestionné	60	60
Léger	$70,00 - (0,90 * DJMA/voie)$	$67,00 - (0,60 * DJMA/voie)$
Moyen	$78,00 - (1,40 * DJMA/voie)$	$71,00 - (0,85 * DJMA/voie)$
Fort	$96,00 - (2,30 * DJMA/voie)$	$88,00 - (1,70 * DJMA/voie)$
Extrême	$76,00 - (1,46 * DJMA/voie)$	$85,70 - (1,60 * DJMA / voie)$
	Vitesse minimale de 35 mi/h	Vitesse minimale de 40 mi/h
Artères		
Non congestionné	35	35
Léger	$33,58 - (0,74 * DJMA/voie)$	$33,82 - (0,59 * DJMA/voie)$
Moyen	$33,80 - (0,77 * DJMA/voie)$	$33,90 - (0,59 * DJMA/voie)$
Fort	$31,65 - (0,51 * DJMA/voie)$	$30,10 - (0,15 * DJMA/voie)$
Extrême	$32,57 - (0,62 * DJMA/voie)$	$31,23 - (0,27 * DJMA/voie)$
	Vitesse minimale de 20 mi/h	Vitesse minimale de 27 mi/h

Les DJMA/voie sont exprimés en milliers

Source : 2009 Urban Mobility Report, Exhibit A-6

Ensuite, la vitesse moyenne sur le réseau autoroutier et celle sur le réseau artériel sont calculées. La formule utilisée pour calculer la vitesse moyenne est celle-ci :

$$V_{moyenne} = \frac{\sum_{i=direction} \sum_{j=niveau\ congestion} VMP_{i,j} \times Vitesse_{i,j}}{VMP_{Totaux}}$$

Étape 7

Enfin, le retard récurrent est calculé. Le calcul se fait séparément pour les autoroutes et les artères, en appliquant la méthode suivante :

$$\text{Retard} = \left(\sum_{i=direction} \sum_{j=niveau\ congestion} \frac{VMP_{i,j}}{V_{i,j}} \right) - \frac{VMP_{Totaux}}{V_{non\ congestionnée}}$$

Les résultats de ces calculs donnent les retards journaliers récurrents pour l'ensemble des véhicules sur les autoroutes et les artères. D'autres calculs suivent pour déterminer tous les estimateurs de congestion, notamment les retards incidents, les retards annuels, la vitesse moyenne de l'ensemble du réseau, la consommation de carburant et le coût de la congestion.

Le Tableau 2.3 montre les constantes utilisées dans la méthodologie de l'année 2009 pour calculer ces estimateurs.

Tableau 2.3 Constantes du 2009 Urban Mobility Report

Constante	Valeur
Taux d'occupation des véhicules	1,25 personne par véhicule
Nombre de jours de travail par année	250
Valeur du temps*	15,47 \$ par personne-heure
Coût d'utilisation des véhicules commerciaux*	102,12 \$ par véhicule-heure

*En dollars US

Source : 2009 Urban Mobility Report, Exhibit A-1

Une fois le retard récurrent total connu, Schrank et Lomax calculent le retard incident, c'est-à-dire le retard attribuable à des incidents ou des accidents qui surviennent sur le réseau routier.

Le retard incident est calculé par l'application d'un ratio sur le retard récurrent pour les autoroutes et les artères principales.

Pour les artères, le ratio de 1,1 est uniforme pour toutes les zones urbaines étudiées alors que le facteur propre aux autoroutes de l'ensemble d'une région urbaine est déterminé en fonction du nombre de voies et de la largeur des accotements. La méthode et les paramètres ont été proposés par Lindley⁵ en 1986. Les autoroutes qui comptent un grand nombre de voies et de larges accotements sont en principe celles qui sont le moins affectées par les incidents. La somme des retards récurrents et incidents des réseaux artériel et autoroutier donne le retard total. Les facteurs des retards incidents dans les villes étudiées par Schrank et Lomax varient entre 0,7 et 2,5 pour l'année 2009.

Voici la formule générale du calcul du retard incident, appliquée séparément sur les autoroutes et les artères principales :

$$\text{Retard incident (véh.-h)} = \text{Retard récurrent (véh.-h)} \times \text{Facteur}$$

Ces retards permettent de calculer l'indice du taux de déplacement (ITD), un indicateur de mobilité qui permet, à son tour, d'estimer le temps supplémentaire requis pour effectuer un déplacement en pointe par rapport à ce temps dans une période sans congestion. L'équation est la suivante :

$$\text{ITD} = \frac{\text{Retards incident et récurrent (véh.-h)} + \text{Temps de transport sans congestion (véh.-h)}}{\text{Temps de transport sans congestion (véh.-h)}}$$

Les auteurs procèdent ensuite à l'annualisation des retards et ils les traduisent en retard pour l'ensemble des voyageurs plutôt que pour les véhicules.

⁵ LINDLEY, Jeffrey A., *Quantification of Urban Freeway Congestion and Analysis of Remedial Measures*, Federal Highway Administration, Washington, D.C., octobre 1986, p.33

$$\text{Retard annuel pour les voyageurs (heures)} = \text{Retards incident et récurrent (véh.-h)} \times 250 \text{ jours} \times \frac{1,25}{\text{personne/véhicule}}$$

Puis, la vitesse moyenne, qui prend en compte les retards incidents, sur l'ensemble du réseau est calculée à l'aide de la formule qui suit :

$$\text{Vitesse moyenne avec incidents (mi/h)} = \frac{\text{VMP autoroutes} + \text{VMP artères}}{\text{Temps de transport sans congestion (véh.-h)} + \text{Retards incident et récurrent (véh.-h)}}$$

Un calcul de la consommation moyenne de carburant est effectué afin d'estimer la consommation des véhicules qui opèrent en période de pointe, tant en condition de congestion qu'en condition de circulation fluide. L'équation suivante, basée sur les résultats de Raus⁶, est utilisée.

$$\text{Consommation moyenne de carburant (mi/gal)} = 8,8 \text{ (mi/gal)} + 0,25 \times \text{Vitesse moyenne avec incidents (mi/h)}$$

Le carburant consommé par année peut alors être calculé. Cette valeur servira ensuite à déterminer la quantité de carburant supplémentaire consommée à cause de la congestion.

$$\text{Carburant consommé (gal)} = \frac{\text{Temps total de transport (heures)} \times \text{Vitesse moyenne (mi/h)} \times 250 \text{ jours}}{\text{Consommation moyenne de carburant (mi/gal)}}$$

Par après, on calcule le carburant qui serait consommé s'il n'y avait aucune congestion de la façon suivante :

$$\text{Carburant consommé sans congestion (gal)} = \frac{\text{Temps total de transport sans congestion (heure)} \times \text{Vitesse moyenne sans congestion (mi/h)} \times 250 \text{ jours}}{\text{Consommation moyenne de carburant sans congestion (mi/gal)}}$$

⁶ RAUS, J. *A Method for Estimating Fuel Consumption and Vehicle Emissions on Urban Arterials and Networks*, rapport no. FHWA-TS-81-210, avril 1981.

Enfin, la quantité de carburant additionnel requis pour se déplacer en situation de congestion est obtenue en faisant la différence de ces deux équations :

$$\text{Carburant additionnel (gal)} = \text{Carburant consommé (gal)} - \text{Carburant consommé sans congestion (gal)}$$

Le coût des retards annuels est calculé séparément pour les véhicules-personnes et pour les camions afin de tenir compte des coûts d'opération des véhicules commerciaux. Pour partager le retard journalier entre les automobiles et les camions, il faut estimer le pourcentage des véhicules milles parcourus par des véhicules commerciaux.

$$\text{Coût de retard annuel pour les automobilistes (\$)} = \text{Retard annuel pour les personnes (heures)} \times \text{Pourcentage d'automobiles} \times \text{Valeur du temps (\$/h)}$$

$$\text{Coût annuel de la consommation de carburant pour les automobilistes (\$)} = \text{Carburant total gaspillé par année (gal)} \times \text{Pourcentage d'automobiles} \times \text{Prix de l'essence (\$/gal)}$$

Pour calculer les coûts associés aux véhicules commerciaux, une valeur combinée du coût du carburant et du coût des retards est utilisée. Cette valeur, fournie par le Urban Mobility Report, est de 102,12 \$ par heure. Le calcul est donc le suivant :

$$\text{Coût pour les véhicules commerciaux (\$)} = \text{Retards incident et récurrent (véh.-h)} \times \text{Pourcentage des véhicules commerciaux} \times \text{Coût d'utilisation des véhicules commerciaux (\$/h)} \times 250 \text{ jours}$$

Enfin, le coût total de la congestion est calculé ainsi :

$$\text{Coût annuel de congestion (\$)} = \text{Coût de retard annuel pour les automobilistes (\$)} + \text{Coût annuel de la consommation de carburant pour les automobilistes (\$)} + \text{Coût pour les véhicules commerciaux (\$)}$$

On peut constater que cette méthode, quoiqu'offrant moins de précision que celle développée par ADEC et le MTQ⁷, est relativement simple à appliquer et offre l'avantage d'être uniforme pour toutes les zones urbaines. La méthode assure la comparabilité, tout en permettant de refléter les conditions de trafic propres à chaque région urbaine. Cependant, la simplicité de la méthode soulève des doutes quant à la précision de l'estimation du coût de la congestion. Cette méthode permet davantage de classer et de comparer les zones urbaines ainsi que de suivre l'évolution des conditions de congestion dans le temps et ce, à partir d'une base de données limitée, plutôt que de présenter une mesure précise de la congestion d'une ville en particulier. Donc, ce ne sont pas tant les valeurs absolues, mais le rang et l'évolution relative des indicateurs qui compte.

Schrank et Lomax calculent également l'effet de plusieurs programmes de transport sur les indicateurs de congestion. Par exemple, ils estiment l'économie de congestion attribuable aux transports publics, par les programmes de gestion des incidents ou par les voies réservées aux véhicules avec plusieurs passagers. Toutefois, les données nécessaires pour calculer ces économies de coût de congestion ne sont pas disponibles pour la région de Montréal. La présente étude se concentrera donc sur la méthodologie générale du TTI, sans aborder les effets des divers programmes et mesures d'atténuation de la congestion.

⁷ LES CONSEILLERS ADEC INC. *Évaluation des coûts de la congestion routière dans la région de Montréal pour les conditions de référence de 2003*, étude effectuée pour le Ministère des Transports du Québec, mars 2009

3 Application de la méthode à la région de Montréal

Les données utilisées par Schrank et Lomax pour effectuer les calculs proviennent du *Highway Performance Monitoring System* (HPMS) américain dont il n'existe aucun équivalent au Canada ou au Québec. Le MTQ maintient une banque de données semblable à celle du HPMS aux fins de surveillance et d'analyse budgétaire, mais les données ne couvrent que le réseau du MTQ, alors que la méthode du TTI requiert également la couverture des artères principales et des routes régionales. Par ailleurs, le MTQ ne dispose pas d'un programme systématique de relevé des débits de circulation sur le réseau autoroutier et artériel du grand Montréal. L'application de la méthode du TTI à Montréal pose donc les exigences suivantes :

- ◆ la détermination des DJMA pour tous les tronçons d'autoroutes et d'artères principales;
- ◆ l'harmonisation de la définition d'artère principale à Montréal avec celle retenue par la méthode du FHWA;
- ◆ la détermination de l'équivalent montréalais de l'*Urban Area* américain;
- ◆ l'estimation du facteur qui permet de calculer les retards incidents.

Les paragraphes suivants montrent comment ont été rencontrées ces quatre exigences.

3.1 Estimation des DJMA

L'estimation des DJMA des autoroutes et des artères est basée sur les résultats de simulation du MOTREM. Pour estimer les DJMA, les débits simulés par le MOTREM pour les cinq périodes de la journée (nuit, période de pointe du matin, jour, période de pointe du soir, soirée) ont été additionnés. En théorie, ces débits journaliers représentent une journée ouvrable moyenne de l'automne 2003. Des DJMA estimés à partir de comptages routiers ont ensuite été comparés aux débits journaliers simulés par le MOTREM. Les quelque 400 DJMA utilisés touchent uniquement le réseau routier sous la responsabilité du MTQ dans le territoire à l'étude. En moyenne, le débit journalier estimé par le MOTREM représente 115 % du DJMA estimé à partir des comptages.

Ce facteur a été appliqué à l'ensemble des débits journaliers des liens autoroutiers et artériels de la région afin d'estimer les DJMA.

3.2 Harmonisation des définitions d'artères

Schrank et Lomax utilisent pour leur analyse les liens autoroutiers et les liens artériels principaux. Or, le réseau routier modélisé par le MOTREM comprend aussi les routes collectrices et quelques rues locales. Le Tableau 3.1 présente les types de liens du MOTREM correspondant aux catégories de liens pris en compte par Schrank et Lomax. Les artères secondaires du MOTREM ne sont pas intégrées dans l'analyse. Des conversations téléphoniques avec Tim Lomax et David Schrank ont permis de confirmer que cette harmonisation correspond à celle utilisée dans leur modèle.

Tableau 3.1 Type de liens du MOTREM correspondant aux catégories de la méthode du TTI

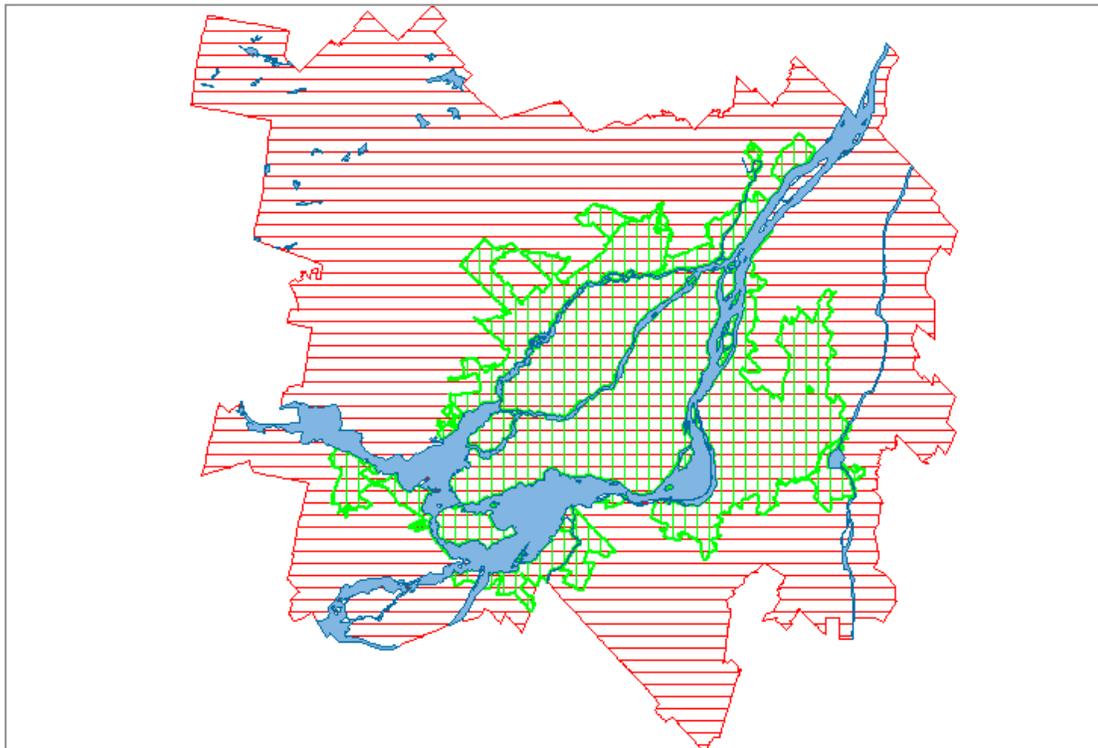
Numéro de route ⁸	Description
Autoroutes	
11	Autoroute urbaine avec interférence élevée
12	Autoroute urbaine avec interférence moyenne
13	Autoroute urbaine avec interférence faible
14	Autoroute rurale
15	Route Express
16	Voie de service
17	Tunnel autoroutier
18	Autoroute métropolitaine
Artères	
20	Pont artériel
21	Artère principale avec interférence élevée
22	Artère principale avec interférence moyenne
23	Artère principale avec interférence faible
24	Artère rurale

⁸ Les bretelles ne sont pas considérées par la méthode du TTI.

3.3 Détermination de l'équivalent montréalais de l'Urban Area

Statistique Canada a défini la région urbaine (RU) en suivant une définition équivalente à celle du U.S. Census Bureau. La RU ainsi définie est couverte par des traits verticaux dans la Figure 2, alors que la zone couverte par des traits horizontaux représente le territoire de l'enquête O-D 2003. La région urbaine est donc plus restreinte que le territoire couvert par l'enquête O-D. La région urbaine comptait 3 213 000 habitants en 2003 et elle couvre un territoire de 1 738 km², alors que l'enquête O-D couvre un territoire de 5 520 km² et abritait 3 613 000 personnes. Ainsi, la région urbaine, bien qu'ayant une superficie équivalente à seulement 31 % de la zone couverte par l'enquête O-D, abrite plus de 89 % de ses habitants.

Figure 2 Territoires couverts par l'enquête O-D 2003 et par la région urbaine définie par Statistique Canada



3.4 Estimation du facteur des retards incidents pour les autoroutes

La méthode de Schrank et Lomax estime les retards incidents en multipliant le retard récurrent total par le facteur incident. La méthodologie pour calculer ce facteur, développée par Lindley⁹ en 1986, prend en compte le volume des déplacements, le nombre de voies et la largeur des accotements. Dans cette méthodologie, un programme génère aléatoirement des incidents sur le réseau routier et calcule le temps de retard causé par la congestion. La congestion sur les tronçons routiers avec plusieurs voies et de larges accotements se dissipe plus rapidement. La méthode est appliquée 250 fois, ce qui correspond au nombre de jours de travail dans une année. Ensuite, une simulation est effectuée sans incident et le facteur est calculé en prenant le ratio des retards de congestions avec et sans les incidents.

Le facteur des retards incidents calculé pour la région de Montréal est de 2,5, ce qui signifie que pour chaque heure de retard récurrent sur le réseau, il y a 2,5 heures de retard incident. Cette valeur de 2,5 correspond au maximum théorique permis par la méthode de Lindley. Il faut toutefois mentionner que les données sur la largeur des accotements sont basées sur une évaluation très sommaire et non sur un relevé exhaustif de la géométrie du réseau. De plus, le calcul de ce facteur ne prend pas en compte les mesures d'atténuation de la congestion, telle que la surveillance vidéo qui accélère le dégagement des voies lors d'un incident. Les principaux tronçons autoroutiers de la région de Montréal sont sous surveillance constante et des équipes d'intervention sont prêtes en tout temps, ce qui rend les délais d'intervention très courts. Le facteur des retards incidents réel devrait donc être plus faible que celui rapporté dans ce rapport.

⁹ LINDLEY, Jeffrey A., *Quantification of Urban Freeway Congestion and Analysis of Remedial Measures*, Federal Highway Administration, Washington, D.C., octobre 1986, p.33

4 Résultats pour la région urbaine de Montréal

Les résultats des calculs des différents indicateurs de la congestion pour la région urbaine de Montréal sont mis en parallèle avec ceux obtenus par Schrank et Lomax pour les 90 régions urbaines américaines en 2007. Les résultats de Montréal sont basés sur les données de trafic de 2003. Les valeurs monétaires libellées en dollars US, appliquées aux données de Montréal sont celles de 2007, tirées de l'étude publiée en 2009.

Dans la région urbaine, seulement les liens autoroutiers et les liens artériels principaux doivent être pris en compte. En ce qui a trait à la longueur de réseau, ces liens représentent 1 439 voies-milles pour les autoroutes et 1 521 voies-milles pour les artères, pour un total de 2 959 voies-milles.

À noter que l'ensemble des indicateurs pour les 40 villes américaines les plus congestionnées ainsi que pour Montréal est présenté au tableau 4.7.

4.1 Résultats physiques et indicateurs de mobilité

Le Tableau 4.1 donne les vitesses calculées selon le DJMA moyen par niveau de congestion, pour les autoroutes et les artères de la région urbaine de Montréal.

Tableau 4.1 Vitesses moyennes par niveau de congestion et direction

Niveau de congestion	DJMA moyen	Vitesse moyenne (mi/h)	
		Sens de la charge	Contre charge
Autoroutes			
Non congestionné	9 539	60,0	60,0
Léger	16 307	55,3	57,2
Moyen	18 735	51,8	55,1
Fort	22 178	45,0	50,3
Extrême	27 898	35,3	41,1
Artères			
Non congestionné	3 255	35,0	35,0
Léger	6 141	29,0	30,2
Moyen	7 661	27,9	29,4
Fort	9 178	27,0	28,7
Extrême	12 961	24,5	27,7

Le Tableau 4.2 indique le nombre de liens, ainsi que le nombre de VMP dans la période de pointe, selon le niveau de congestion.

Tableau 4.2 Répartition des liens selon les niveaux de congestion et VMP avant l'application de l'ICR

Niveau de congestion	Nombre de voie-milles	%	VMP (en milliers) et pourcentage selon la direction			
			Sens de la charge	%	Contre charge	%
Autoroutes						
Non congestionné	760	52,8%	2 402	36,9%	1 221	31,2%
Léger	211	14,7%	1 062	16,3%	663	16,9%
Moyen	186	12,9%	1 086	16,7%	658	16,8%
Fort	204	14,2%	1 367	21,0%	890	22,7%
Extrême	78	5,4%	596	9,1%	488	12,5%
Total congestionné	679	47,2%	4 110	63,1%	2 699	68,8%
Total	1 439	100,0%	6 512	100,0%	3 921	100,0%
Artères						
Non congestionné	1 048	68,9%	1 255	48,9%	451	46,0%
Léger	220	14,5%	491	19,1%	185	18,8%
Moyen	132	8,7%	351	13,7%	154	15,6%
Fort	62	4,1%	205	8,0%	79	8,0%
Extrême	59	3,8%	266	10,4%	113	11,5%
Total congestionné	472	31,1%	1 313	51,1%	530	54,0%
Total	1 521	100,0%	2 568	100,0%	981	100,0%

Note : le total des VMP représente 50 % du total journalier

En 2003, 47,2 % des voie-milles sur le réseau autoroutiers sont classées congestionnées. La moyenne pondérée des VMP effectués en période de pointe sur ces voies, dans le sens de la charge maximale et à contre sens, s'élève à 65,3 %. Sur le réseau artériel, 31,1 % des voie-milles sont classés congestionnés, sur lesquels se produit une moyenne pondérée de 51,9 % des VMP en période de pointe.

L'ICR pour la région de Montréal est de 1,02, ce qui correspond à un pourcentage maximum des déplacements journaliers en conditions de congestion pendant la période de pointe de 41,0 %. Comparativement aux villes américaines, l'ICR de Montréal est égal à celui de Birmingham en Alabama et serait classé au 44^e rang dans le classement des 90 villes américaines pour 2007.

De plus, en comparant Montréal aux 19 villes de taille similaire présentée au Tableau 4.8, Montréal se classe en avant-dernière : seulement la ville de St-Louis, avec un ICR de 0,89, présente un niveau de congestion plus faible que celui de Montréal selon cet indicateur. Ce résultat démontre que comparativement aux villes américaines, seulement une faible proportion des déplacements effectués dans la région de Montréal le sont en situation de congestion.

Le Tableau 4.3 présente la quantité de VMP en situation de congestion pour les périodes de pointe, par niveau de congestion et par direction. Rappelons que la méthode de Schrank et Lomax utilise le pourcentage correspondant à l'ICR pour retirer des VMP des liens classés congestionnés pour les attribuer au niveau sans congestion. La logique est qu'un pourcentage des déplacements effectués pendant les périodes de pointe ne se produit pas dans des conditions de congestion. Dans le cas de Montréal, seulement 41,0 % des VMP journaliers sur des liens classés congestionnés seraient donc effectués en situation de congestion.

Pour bien comprendre la méthode, un exemple de calcul est présenté : le Tableau 4.2 indique que 596 000 VMP sont effectués lors des périodes de pointe sur des tronçons d'autoroutes avec un niveau de congestion « extrême » dans le sens de la charge. Ce total de 596 000 VMP représente 50 % du total journalier, car la méthode considère que seulement 50 % des VMP sont effectués lors des périodes de pointe. Cependant, l'ICR pour la région de Montréal indique que seulement 41 % des VMP journaliers sont véritablement congestionnés, et non 50 %. Le nombre total de VMP effectués en condition de congestion « extrême » devient donc :

$$\text{VMP en conditions de congestion « extrême »} = \frac{596\ 000\ \text{VMP} * 41\ \%}{50\ \%}$$

$$\text{VMP en conditions de congestion « extrême »} = 489\ 000\ \text{VMP}$$

Les (596 000 – 489 000) 107 000 VMP restants sont relocalisés dans le niveau « non congestionné ».

Tableau 4.3 VMP par niveau de congestion et par direction après application de l'ICR

Niveau de congestion	VMP (en milliers) et pourcentage selon la direction			
	Sens de la charge	%	Contre charge	%
Autoroutes				
Non congestionné	3 142	48,2%	1 707	43,5%
Léger	871	13,4%	543	13,9%
Moyen	890	13,7%	539	13,8%
Fort	1 121	17,2%	730	18,6%
Extrême	489	7,5%	401	10,2%
Total congestionné	3 370	51,8%	2 213	56,5%
Total	6 512	100,0%	3 921	100,0%
Artères				
Non congestionné	1 492	58,1%	546	55,7%
Léger	402	15,7%	151	15,4%
Moyen	288	11,2%	126	12,8%
Fort	168	6,5%	65	6,6%
Extrême	218	8,5%	93	9,5%
Total congestionné	1 077	41,9%	435	44,3%
Total	2 568	100,0%	981	100,0%

Note : 41 % des VMP journaliers sont susceptibles de connaître de la congestion.

On peut constater, en faisant la moyenne pondérée des VMP dans le sens de la charge ainsi que ceux à contre-sens, que la méthode Schrank et Lomax attribue 53,5 % des VMP effectués sur les autoroutes en période de pointe à des conditions congestionnées, alors que pour les artères, ce pourcentage est de 42,6 %. Si on ramène la quantité de VMP congestionnés au total de VMP journaliers, 25,4 % de ces derniers sont congestionnés, ce qui place la région de Montréal en 38^e position dans le classement des villes américaines, c'est-à-dire un pourcentage équivalent à celui de Cincinnati en Ohio. En comparant ce résultat aux villes de taille comparable du Tableau 4.8, Montréal se classe encore une fois en avant-dernière position, avec la ville de St-Louis en dernière position.

La vitesse moyenne pondérée sur les autoroutes est de 54,3 mi/h en période de pointe alors que sur les artères, elle est de 32,0 mi/h.

Ces résultats classent la région de Montréal en 54^e position pour la vitesse sur les autoroutes et en 78^e position pour la vitesse sur les artères, ce qui fait de Montréal une ville très peu congestionnée selon ce critère, par rapport à l'ensemble des villes américaines. Pour l'ensemble du réseau, autoroutes et artères combinées, la vitesse moyenne pondérée est de 48,6 mi/h.

Les retards récurrents, incidents et totaux calculés sont présentés dans le Tableau 4.4

Tableau 4.4 Retard annuel par type de retard et type de route

Catégorie de retard		Résultat enquête O-D 2003		
		Autoroutes	Artères	Total
Récurrent	véh.-h/jour	22 198	11 021	33 219
	Milliers de personnes-h/année	6 937	3 444	10 381
Incident	véh.-h/jour	55 496	12 123	67 619
	Milliers de personnes-h/année	17 343	3 788	21 131
Total	véh.-h/jour	77 694	23 144	100 838
	Milliers de personnes-h/année	24 280	7 232	31 512

Les retards récurrents représentent 29 % des retards autoroutiers, alors que ce pourcentage est de 48 % sur les artères. De plus, les retards autoroutiers représentent 67 % des retards récurrents et 82 % des retards incidents. Au total, selon la méthode du TTI, les usagers du réseau routier de la région urbaine de Montréal subissent 31 512 milliers d'heures de retard par année. À ce niveau, la région urbaine de Montréal se classe au 27^e rang, entre les régions urbaines de St. Louis au Missouri et San Antonio au Texas. Ces deux régions urbaines américaines sont des grandes régions urbaines (entre un et trois millions d'habitants) alors que Montréal est une très grande région urbaine (plus de trois millions d'habitants).

La région urbaine compte 1 447 000 voyageurs¹⁰ pendant les périodes de pointe, donc le retard par voyageur est de 21,8 heures par année, c'est-à-dire 5,22 minutes par jour, ce qui porte la région de Montréal au 55^e rang des régions urbaines américaines.

¹⁰ Correspond au nombre de personnes ayant initié au moins un déplacement pendant la période de pointe du matin. Comprend les voitures, taxis, motos, la demande endogène, la demande exogène, les véhicules commerciaux et les camions.

L'indice du taux de déplacement est de 1,37 pour la région urbaine de Montréal, ce qui signifie qu'en moyenne, il faut compter 37,0 % plus de temps pour effectuer un déplacement durant la période de pointe que lorsque le déplacement est fait en conditions de circulation fluide. Parmi les 90 régions urbaines américaines, l'ITD classe la région urbaine de Montréal au 5^e rang, à égalité avec les régions urbaines de Miami et de New York, ce qui signifie que la région de Montréal est passablement congestionnée en période de pointe.

Enfin, la quantité additionnelle de carburant consommé en situation de congestion chaque année se chiffre 26 961 000 gallons, ce qui place la région de Montréal en 24^e position dans la liste du 2009 Urban Mobility Report, entre Orlando et Portland.

4.2 Coût de la congestion

Les valeurs monétaires de base sont exprimées en dollars américains, ce qui permet de comparer plus aisément nos résultats à ceux de Schrank et Lomax parus en 2009. Les valeurs seront transposées en dollars canadiens selon le taux de change moyen pour 2007 de 1,05 \$CAN/US\$¹¹. De plus, le coût du carburant utilisé est le coût moyen¹² en 2007, soit 1,06 \$CAN/L.

Le Tableau 4.5 résume les données propres à la région de Montréal qui sont utilisées dans les calculs du coût de la congestion.

Tableau 4.5 Données spécifiques à la région de Montréal

Variable	Valeur
Prix de l'essence par litre en dollars canadiens	1,06 \$ CAN
Taux de change (\$ CAN / \$ US)	1,05
Prix de l'essence par gallon en dollars américains	3,82 \$ US
Pourcentages de véhicules commerciaux ¹³	10,3 %
Nombre de voyageurs en période de pointe	1 447 340

¹¹ AGENCE DE REVENU DU CANADA, http://www.cra-arc.gc.ca/tx/ndvdl/fq/xchg_rt-fra.html

¹² RESSOURCES NATURELLES DU CANADA. *Prix moyens de l'essence ordinaire au détail en 2007 – Montréal*

http://www2.nrcan.gc.ca/eneene/sources/pripr/prises_bycity_f.cfm?PriceYear=2007&ProductID=1&LocationID=28#PriceGraph

¹³ VMP parcourus par les véhicules commerciaux / VMP totaux

Rappelons que le coût annuel de la congestion réunit le coût des retards, le coût additionnel du carburant et le coût d'utilisation des véhicules commerciaux. Ces coûts sont les suivants :

Coût de retard annuel pour les automobilistes (\$)	=	Retard annuel pour les personnes (heures)	×	Pourcentage d'automobiles	×	Valeur du temps (\$/h)
	=	31 512 000 heures	×	89,7 %	×	15,47 \$/h
	=	\$US 437,1 millions				
Coût annuel du carburant pour les automobilistes (\$)	=	Carburant total gaspillé par année (gal)	×	Pourcentage d'automobiles	×	Prix de l'essence (\$/gal)
	=	26 961 000 gal	×	89,7 %	×	3,82 \$/gal
	=	\$US 92,4 millions				
Coût pour les véhicules commerciaux (\$)	=	Retards incident et récurrent (véh.-h)	×	Pourcentage des véhicules commerciaux	×	Coût d'utilisation des véhicules commerciaux (\$/h) × 250 jours
	=	100 838 véh.-h	×	10,3 %	×	102,12 \$/h × 250 jours
	=	\$US 266,1 millions				
Coût annuel de congestion (\$)	=	Coût de retard annuel pour les automobilistes (\$)	+	Coût annuel du carburant pour les automobilistes (\$)	+	Coût pour les véhicules commerciaux (\$)
	=	437,1 millions	+	92,4 millions	+	266,1 millions
	=	\$US 795,6 millions				

Le coût total de la congestion classe la région de Montréal en 24^e position, entre les villes de Sacramento en Californie et de Portland en Oregon.

4.3 Synthèse des résultats

Le Tableau 4.6 présente les principaux résultats obtenus à partir de la méthode de Schrank et Lomax ainsi que le positionnement de Montréal par rapport aux 90 régions urbaines américaines en 2009, en ordre décroissant de congestion.

Tableau 4.6 Indicateurs de congestion et positionnement de la région urbaine de Montréal

Indicateur	Résultats Montréal	Positionnement (sur 90)
ICR	1,02	44 ^e
ITD	1,37	5 ^e
Vitesse autoroutes	54,3 mi/h	54 ^e
Vitesse artères	32,0 mi/h	78 ^e
Pourcentage des VMP congestionnés	25,4 %	38 ^e
Retard annuel	31,5 millions d'heures	27 ^e
Retard annuel par voyageur	21,8 heures	55 ^e
Consommation supplémentaire de carburant	27,0 millions de gallons	24 ^e
Coût de la congestion	833,4 M\$ CAN	24 ^e

Les résultats montrent un grand écart entre les positions des deux indices de congestions de base utilisés par Schrank et Lomax : la région urbaine de Montréal se positionne 44^e selon l'ICR, mais 5^e selon l'ITD. L'ICR est calculé uniquement à l'aide des débits journaliers, ce qui traduit uniquement le niveau de congestion récurrente. Cette congestion est relativement faible pour la région de Montréal comparativement aux villes américaines. En contrepartie, l'ITD reflète le retard total, c'est-à-dire le retard récurrent en plus du retard incident. Comme le facteur des retards incidents pour les autoroutes est de 2,5, ce qui correspond au maximum admis par la méthode de Schrank et Lomax, le retard total devient plus élevé, ce qui explique pourquoi Montréal se classe au 5^e rang selon cet indice. Il est bon de rappeler le facteur des retards incidents ne prend pas en compte les efforts déployés par les villes pour diminuer les délais d'intervention et la durée des incidents. Par exemple, la région urbaine de Montréal est dotée d'un système de surveillance qui permet de localiser rapidement les incidents pour envoyer une dépanneuse.

Paradoxalement, le facteur des retards incident élevé pour Montréal peut aussi s'expliquer en partie par son niveau relativement faible de congestion récurrente¹⁴. Comme expliqué précédemment, la méthode utilisée pour déterminer ce facteur utilise une comparaison des retards avec incidents aux retards sans incident. Toutefois, dans une ville où une grande proportion des liens seraient classés dans le niveau de congestion « extrême », les incidents n'auraient que peu d'effet sur les retards, car le niveau de congestion « extrême » est le niveau le plus congestionné et la vitesse prise en compte par la méthode de calcul ne peut pas diminuer sous 35 mi/h. Cette méthode risque donc de sous-estimer le facteur des retards incidents dans les régions où la congestion récurrente est très élevée.

En compilant les données de Schrank et Lomax, on constate que dans les 29 villes ayant une population de plus de 1,5 million de résidents, le facteur des retards incidents moyen est de 1,81 pour les villes ayant un ICR inférieur à 1,1. En comparaison, ce facteur moyen est de 1,21 pour les villes ayant un ICR supérieur de 1,1. Comme la région urbaine de Montréal montre un ICR relativement faible de 1,02, le facteur des retards incidents est donc élevé.

Les vitesses moyennes inférées pour les autoroutes et les artères sont très élevées par rapport aux villes américaines, se classant respectivement au 54^e rang et au 78^e rang. Ces vitesses moyennes ne prennent pas en compte les retards incidents et comme l'ICR, elles reflètent un faible niveau de congestion récurrente.

Le Tableau 4.7 présente des données pour les 40 régions urbaines américaines les plus congestionnées ainsi que pour Montréal. Les régions sont classées en fonction du coût total décroissant de la congestion. Ce tableau montre que Montréal, qui est dans la catégorie *very large urban area*, se compare, sur le plan de la congestion, aux régions de taille *large urban area*. En effet, Montréal se classe loin derrière la moins congestionnée des villes de 3 millions d'habitants et plus.

¹⁴ Cette explication provient de conversations téléphoniques avec Tim Lomax.

Tableau 4.7 Principales données et indicateurs de mobilité pour les 40 régions urbaines américaines les plus congestionnées et pour Montréal

Région urbaine	Groupe de population	Population ('000)	Carburant gaspillé (million de gallons)	Retard annuel ('000 pers-heures)	Retard par personne (pers-heures)	Coût de la congestion (\$US Million)	ITD	ICR
Los Angeles-Long Beach-Santa Ana CA	Vlg	12 800	367	485 022	70	10 328	1,49	1,58
New York-Newark NY-NJ-CT	Vlg	18 225	239	379 328	44	8 180	1,37	1,15
Chicago IL-IN	Vlg	8 440	129	189 201	41	4 207	1,43	1,18
Atlanta GA	Vlg	4 440	96	135 335	57	2 981	1,35	1,31
Miami FL	Vlg	5 420	102	145 608	47	2 955	1,37	1,39
Dallas-Fort Worth-Arlington TX	Vlg	4 445	96	140 744	53	2 849	1,32	1,21
Washington DC-VA-MD	Vlg	4 330	91	133 862	62	2 762	1,39	1,34
San Francisco-Oakland CA	Vlg	4 480	94	129 393	55	2 675	1,42	1,39
Houston TX	Vlg	3 815	88	123 915	56	2 482	1,33	1,29
Detroit MI	Vlg	4 050	76	116 981	52	2 472	1,29	1,23
Philadelphia PA-NJ-DE-MD	Vlg	5 310	71	112 074	38	2 316	1,28	1,11
Boston MA-NH-RI	Vlg	4 200	61	91 052	43	1 996	1,26	1,09
Phoenix AZ	Vlg	3 425	57	80 456	44	1 891	1,30	1,25
San Diego CA	Lrg	2 950	66	85 392	52	1 786	1,37	1,37
Seattle WA	Vlg	3 100	51	73 636	43	1 591	1,29	1,12
Baltimore MD	Lrg	2 320	42	56 964	44	1 276	1,31	1,21
Denver-Aurora CO	Lrg	2 180	40	61 345	45	1 240	1,31	1,17
Tampa-St. Petersburg FL	Lrg	2 320	40	61 018	47	1 205	1,31	1,29
Minneapolis-St. Paul MN	Lrg	2 525	39	55 287	39	1 148	1,24	1,17
Riverside-San Bernardino CA	Lrg	2 030	39	48 135	44	1 083	1,36	1,45
San Jose CA	Lrg	1 705	36	51 070	53	1 013	1,36	1,34
Orlando FL	Lrg	1 405	28	41 791	53	850	1,30	1,24
Sacramento CA	Lrg	1 860	28	39 197	39	806	1,32	1,33
Montréal, Qc	Vlg	3 213	27	31 512	22	796	1,37	1,02
Portland OR-WA	Lrg	1 800	24	34 418	37	712	1,29	1,20
Las Vegas NV	Lrg	1 405	23	34 521	44	705	1,30	1,41
St. Louis MO-IL	Lrg	2 215	21	32 863	26	697	1,13	0,89
San Antonio TX	Lrg	1 450	22	31 026	38	621	1,23	1,16

(suite)

Région urbaine	Groupe de population	Population ('000)	Carburant gaspillé (million de gallons)	Retard annuel ('000 pers-heures)	Retard par personne (pers-heures)	Coût de la congestion (Million \$US)	ITD	ICR
Charlotte NC-SC	Lrg	1 070	16	24 237	40	525	1,25	1,11
Indianapolis IN	Lrg	1 070	16	23 505	39	522	1,21	1,09
Cincinnati OH-KY-IN	Lrg	1 670	17	23 832	25	508	1,18	1,06
Virginia Beach VA	Lrg	1 545	16	24 665	29	501	1,18	1,01
Austin TX	Lrg	1 035	16	22 777	39	471	1,29	1,19
Jacksonville FL	Lrg	1 040	16	22 491	39	457	1,23	1,17
Nashville-Davidson TN	Med	995	12	20 215	37	426	1,15	0,99
Columbus OH	Lrg	1 225	15	20 428	30	424	1,18	1,10
Raleigh-Durham NC	Lrg	1 025	13	19 588	34	421	1,17	1,01
Louisville KY-IN	Med	915	13	19 015	38	409	1,20	1,09
Tucson AZ	Med	775	11	17 321	41	393	1,24	1,15
Providence RI-MA	Lrg	1 245	12	19 937	29	386	1,17	0,95
Bridgeport-Stamford CT-NY	Med	875	13	16 077	33	350	1,25	1,19
Moyenne des 90 régions américaines		1 785		39 915	41	842	1,29	1,13
Moyenne des Vlg (14 régions)		6 177		166 900	51	3 549	1,37	1,27
Moyenne des Lrg (29 régions)		1 619		31 778	35	661	1,23	1,08
Moyenne des Med (31 régions)		705		9 002	23	186	1,14	0,94
Moyenne des Sml (16 régions)		333		3 444	19	71	1,10	0,87
Montréal, Qc	Vlg	3 213	27	31 512	22	796	1,37	1,02

Vlg : *Very large urban area*, plus de 3 millions de personnes

Lrg : *Large urban area*, plus de 1 million et moins de 3 millions de personnes

Med : *Medium urban area*, plus de 500 000 et moins de 1 million de personnes

Sml : *Small urban area*, moins de 500 000 personnes

Les coûts totaux moyens de congestion des catégories de région urbaine *large* et *very large* sont les suivants :

- ◆ Very large urban area : 3 549 M\$US
- ◆ Large urban area : 661 M\$US

Ainsi, les coûts de la congestion à Montréal, qui se chiffrent à 796 millions de \$US, se comparent au coût moyen pour les régions urbaines de plus petite taille et sont plus de quatre fois plus faibles que la moyenne pour les régions urbaines de sa catégorie.

Soulignons que Seattle, une agglomération dont la région urbaine comprend une population très similaire à celle de Montréal, totalise des coûts de congestion de 1 591 M\$US, soit plus du double des coûts de la région de Montréal.

Rappelons aussi que le coût de la congestion prend en compte la valeur locale du carburant incluant les taxes. Comme le coût de l'essence à la pompe est plus élevé dans la région de Montréal qu'aux États-Unis, cela augmente le coût total de la congestion. Si le coût du carburant était le même que le coût moyen pour les 90 régions urbaines étudiées, c'est-à-dire 3,04 \$US/gallon, le coût de la congestion dans la région de Montréal diminuerait à 777 M\$US, ce qui ne change pas la position de Montréal dans le classement de Schrank et Lomax.

Avec son importante densité de population, en comparaison aux autres régions urbaines américaines, plusieurs s'attendraient à ce que la congestion à Montréal soit plus importante. Le Tableau 4.8 présente des données sur Montréal et les régions américaines de taille similaire à celle de Montréal.

Tableau 4.8 Situation de Montréal (2003) par rapport à 19 villes américaines de taille similaire (2007), en ordre décroissant de coût de congestion

Ville	Coût de la congestion (MUS\$ / année)	Pop. Totale ('000)	Pop. Urbaine ('000)	Densité (pers par mi ²)	Emplois par personne	Voitures par ménage ¹	Facteur incident	Part modale TC ²	Voies milles (autoroutes)	Voies milles (artères)	DJMA moyen par voie (autoroutes)	DJMA moyen par voie (artères)
Atlanta GA	2 981	5 261	4 440	1 444	0,46	1,80	1,2	3,3%	2 525	7 570	18 943	5 921
Miami FL	2 955	5 392	5 420	3 217	0,45	1,51	1,0	3,7%	2 105	7 500	19 494	6 955
Dallas-Fort Worth-Arlington TX	2 849	6 153	4 445	1 933	0,48	1,74	1,3	1,6%	3 180	8 280	17 390	5 566
Washington DC-VA-MD	2 762	5 302	4 330	3 305	0,56	1,66	1,0	13,3%	2 075	6 175	18 817	6 733
San Francisco-Oakland CA	2 675	4 216	4 480	3 246	0,48	1,76	0,9	14,5%	2 480	5 280	20 101	5 819
Houston TX	2 482	5 598	3 815	1 987	0,45	1,68	0,9	2,6%	2 550	7 455	18 824	5 681
Detroit MI	2 472	4 458	4 050	2 813	0,44	1,71	1,2	1,5%	1 915	8 630	17 117	6 220
Philadelphia PA-NJ-DE-MD	2 316	5 823	5 310	2 329	0,48	1,51	2,2	8,9%	2 400	8 230	15 167	5 804
Boston MA-NH-RI	1 996	4 492	4 200	1 863	0,55	1,58	1,6	12,0%	2 550	7 200	15 686	4 933
Phoenix AZ	1 891	4 166	3 425	2 940	0,46	1,67	0,9	2,5%	1 535	7 165	19 186	4 885
San Diego CA	1 786	2 960	2 950	3 471	0,44	1,75	0,9	3,6%	1 990	3 380	19 296	6 592
Seattle WA	1 591	3 298	3 100	2 451	0,53	1,81	1,2	8,0%	1 850	5 800	16 578	4 678
Baltimore MD	1 276	2 664	2 320	3 013	0,49	1,66	1,3	6,2%	1 560	3 255	17 096	5 700
Denver-Aurora CO	1 240	2 453	2 180	2 520	0,51	1,81	1,2	4,7%	1 280	3 715	15 934	6 171
Tampa-St. Petersburg FL	1 205	2 715	2 320	1 712	0,46	1,54	1,5	1,4%	885	3 845	15 932	7 520
Minneapolis-St. Paul MN	1 148	3 198	2 525	2 020	0,56	1,77	1,4	4,2%	1 640	5 220	17 308	4 665
San Jose CA	1 013	1 786	1 705	4 316	0,51	1,90	1,2	3,8%	910	2 420	18 330	7 068
Orlando FL	850	2 029	1 405	1 938	0,54	1,69	1,3	1,7%	870	2 390	15 563	7 113
Montréal, Qc	796	3 613	3 213	4 793	0,49	1,23	2,5	20,2%	1 439	1 531	14 500	4 637
St. Louis MO-IL	697	2 805	2 215	1 730	0,48	1,71	1,2	2,6%	2 350	7 570	12 600	2 397

¹ En 2000 pour les villes américaines et 2003 pour Montréal

² Pour motif de navettage domicile-travail quotidien (24h). Le traitement des bimodaux n'est pas spécifié pour les villes américaines, tandis que les bimodaux sont inclus dans le chiffre présenté pour Montréal. En excluant les bimodaux, la valeur obtenue pour Montréal est de 17,5 %.

Sources : 2009 Urban Mobility Report, U.S. Census Bureau, Bureau of Labor Statistics, Institut de la Statistique du Québec, Enquête Origine-Destination 2003, Federal Highway Administration.

Comme le Tableau 4.8 le montre, la région urbaine de Montréal se démarque sur plusieurs aspects par rapport aux villes américaines. La densité de la population de la région de Montréal est la plus élevée parmi les villes de taille comparable. Cette forte densité réduit la longueur des déplacements et permet une desserte relativement concurrentielle du transport en commun. À ce titre, la région de Montréal se classe loin devant toutes les autres régions, avec des parts modales de 22%¹⁵ pour le transport en commun. Montréal profite de deux modes lourds de transport en commun, le métro et le train, alors que certaines des villes américaines n'ont que des autobus.

Hormis la région de St Louis, qui possède un réseau routier extrêmement développé pour sa taille, la région de Montréal affiche le plus faible DJMA/voie dans sa catégorie de taille pour les autoroutes comme pour les artères. Puisque la méthode de calcul de la congestion est basée sur les DJMA/voie, cette donnée explique la faible congestion relative de la région de Montréal.

La région urbaine de Montréal se distingue également par son réseau artériel faiblement développé par rapport aux villes américaines de taille similaire. Montréal est doté de 1 531 voies-milles dans son réseau artériel principal, alors que les villes américaines ont pour la plupart de 3 000 à 7 000 voie-milles. Malgré ce faible développement, les artères montréalaises demeurent peu congestionnées, comme en témoigne le DJMA/voie moyen sur les artères de 4 637.

Le facteur des retards incidents est de 2,5 à Montréal, soit le plus élevé dans sa catégorie de taille. Tel que mentionné précédemment, ce facteur a été calculé par Schrank et Lomax et se base sur une évaluation sommaire de la largeur des accotements. Cependant, ce facteur ne prend pas en compte les systèmes de surveillances permettant d'accélérer le dégagement des routes lors d'un incident ni les autres services de gestion des incidents.¹⁶

Bien que la région urbaine de Montréal se positionne avantageusement par rapport aux régions urbaines américaines en regard de sa taille, cela ne signifie pas pour autant qu'il n'y a pas de

¹⁵ AGENCE MÉTROPOLITAINE DE TRANSPORT (AMT). 2003. *Enquête origine-destination (O-D) 2003 Faits Saillants* Réalisée conjointement avec le ministère des Transports du Québec, les sociétés de transport de la RMR de Montréal et l'école Polytechnique, page 5. En ligne. <http://www.cimtu.qc.ca/EnqOD/2003/Faits-saillants/Index.asp>.

¹⁶ Dans la région de Montréal, des dépanneuses sont en attente pour être envoyées très rapidement lorsqu'un incident survient. D'autres villes ont également des feux aux bretelles d'entrée qui permettent de limiter le nombre de véhicules accédant aux autoroutes.

congestion à Montréal. Les indices de mobilité, l'ICR et l'ITD, étant tous deux supérieurs à 1, indiquent que la mobilité connaît des restrictions significatives en période de pointe.

5 Différences entre les résultats de 2009 et les résultats précédents

La méthode du TTI a été appliquée par le passé pour déterminer le coût comparatif de la congestion de la région de Montréal. Les différences entre les résultats de cette étude et les résultats des études antérieures peuvent s'expliquer par deux facteurs :

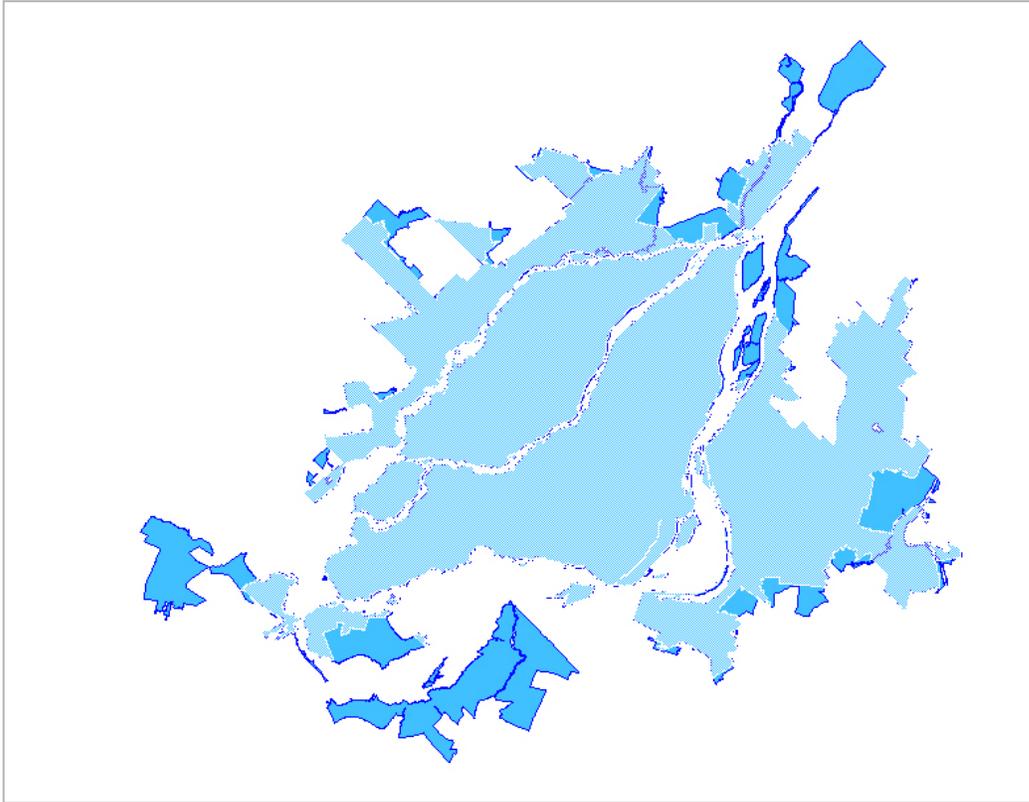
- ◆ Les conditions de congestions ont changé dans la région urbaine de Montréal;
- ◆ La méthodologie employée a passablement évolué depuis 2002.

Cette section fait état des principales différences de ce rapport, basé sur la méthodologie de 2009 appliquée aux données de l'enquête O-D 2003, avec les résultats des méthodologies de 2002 et de 2004 du TTI, toutes deux appliquées aux données de l'enquête O-D 1998, et tente d'expliquer les différences observées.

5.1 Le territoire visé

La définition de la région urbaine est principalement fondée sur un critère de densité de la population. Bien que ce critère soit demeuré inchangé depuis 2002, la densité de la population elle-même a évolué. La Figure 3 montre la zone couverte par l'aire urbaine utilisée pour estimer le coût de la congestion en 2003, avec une couleur foncée pour les zones qui se sont ajoutées.

Figure 3 Différences entre la nouvelle zone urbaine et celle utilisée lors des études précédentes



5.2 Les vitesses de transport

Les vitesses moyennes peuvent être considérées par les usagers comme un bon indicateur du niveau de congestion. Toutefois, la comparaison des données employées dans la présente méthodologie à celles présentées dans les publications antérieures du TTI indique que les vitesses moyennes augmentent de plus en plus.

Tableau 5.1 Estimation de la vitesse moyenne du réseau en période de pointe

Année	Autoroute (mi/h)	Artère (mi/h)
1998 (méthode de 2002) ¹⁷	48,4	30,2
1998 (méthode de 2004) ¹⁸	52,8	31,4
2003 (méthode de 2009)	54,3	32,0
Variation de 2002 à 2009	+ 12 %	+ 6 %

Cette apparente divergence entre les données observées sur le terrain et les résultats obtenus est expliquée par trois facteurs :

- ◆ les changements technologiques;
- ◆ l'agrandissement graduel du territoire étudié et
- ◆ le traitement des vitesses par sens de la charge.

Premièrement, les changements technologiques ont amené Schrank et Lomax à mettre à jour la méthodologie du TTI en 2007. Il faut se rappeler que les vitesses calculées dans la présente étude sont les vitesses moyennes pour toute la durée des deux périodes de pointes. Les changements technologiques et une abondance de données ont permis à Schrank et Lomax d'observer la vitesse des déplacements dans plusieurs villes avec une précision accrue, ce qui leur a permis de constater que ces vitesses moyennes étaient sous-estimées dans les rapports précédents.

L'agrandissement du territoire considéré constitue une seconde explication de l'augmentation des vitesses. Puisque les zones nouvellement rajoutées sont celles avec une densité relativement faible par rapport à celle observée au centre, la vitesse dans ces zones risque d'être plus élevée, ce qui augmente la vitesse moyenne de l'ensemble du réseau.

Enfin, un troisième facteur explique l'augmentation des vitesses : la méthode du TTI considère maintenant des vitesses différentes pour les véhicules se dirigeant dans le sens de la charge maximale et pour les véhicules se dirigeant à contre-sens, ces derniers ayant des vitesses plus élevées. De plus, à Montréal comme dans plusieurs villes américaines, le volume de circulation

¹⁷ JOUBERT, Gilles G., *Mesure du coût de la congestion à Montréal selon la méthode du Texas Transportation Institute*, rapport présenté au Service de la modélisation des systèmes de transports du ministère des Transports du Québec, avril 2002, page 21

¹⁸ GOURVIL, Louis et JOUBERT, Fannie, *Évaluation de la congestion dans la région de Montréal*, étude réalisée par Les Conseillers ADEC inc. pour le Ministère des Transports du Québec, Mars 2004, page 81

sur plusieurs voies se rapproche du point de saturation de la voie dans le sens de la charge, ce qui signifie que l'ajout de demande se fait principalement à contre-sens. Comme les vitesses pour les véhicules circulant à contre-sens sont plus élevées et que le pourcentage de véhicules circulant à contre-sens augmente, la vitesse moyenne de l'ensemble du réseau augmente également.

5.3 Le facteur des retards incidents

Le facteur des retards incidents représente un facteur de multiplication qui, lorsqu'appliqué aux retards récurrents du réseau, donne une estimation des retards incidents. Ce facteur est calculé à l'aide d'un logiciel de simulation qui assigne aléatoirement des accidents sur le réseau routier. En calculant le ratio des retards obtenus lorsqu'il y a des accidents avec les retards obtenus dans une simulation sans accidents, le facteur des retards incidents peut être déterminé.

Lors des études de 2002 et de 2004, peu de données étaient disponibles dans la région de Montréal sur l'occurrence des incidents et leurs impacts sur les retards. Ainsi, dans ces deux études, ce facteur a été estimé comme étant la moyenne des facteurs pour les villes de tailles similaires à Montréal, et les estimations de 1,7 et 1,4 ont été respectivement retenues.

Toutefois, pour la présente étude, Schrank et Lomax ont effectué la simulation pour la ville de Montréal et ont obtenu un facteur de 2,5, ce qui correspond au maximum permis par leur méthode. Ce facteur de 2,5 est la principale cause de l'augmentation relative de la congestion dans la région de Montréal par rapport aux études de 2002 et 2004. Il faut toutefois rappeler que l'estimation de ce facteur est basée sur des données imprécises et que ce facteur ne prend pas en compte les mesures prises à Montréal pour diminuer le temps d'intervention lors d'un incident.

En utilisant une méthode similaire à celle retenue dans les études précédentes, ce facteur deviendrait 1,4, soit la même valeur que celle de l'étude de 2004.

5.4 Les indices de congestion

Le Tableau 5.2 présente les principaux indices de congestion selon les trois études.

Tableau 5.2 Évolution des indices de congestion dans le temps

Indice	OD 1998	Rang	OD 1998	Rang	OD 2003	Rang
Méthodologie TTI	2002		2004		2009	
ICR	1,02	39 ^e	1,02	40 ^e	1,02	44 ^e
ITD	1,22	35 ^e	1,23	35 ^e	1,37	5 ^e
Retard récurrent (pers.-heure)	22,0 M	-	11,8 M	-	10,4 M	-
Retard incident (pers.-heure)	31,4 M	-	15,3 M	-	21,1 M	-
Retard total (pers-heure)	53,4 M	21 ^e	27,1 M	24 ^e	31,5 M	27 ^e
Coût de la congestion (2007 \$US)	1 190,9 M	21 ^e	642,1 M	25 ^e	795,6 M	24 ^e

Note : le rang n'est pas disponible pour le retard récurrent et le retard incident

Il faut d'abord noter que l'étude de 2002 et l'étude de 2004 se basent sur les mêmes données, c'est-à-dire l'enquête Origine-Destination de 1998. Les différences entre les résultats pour ces deux études sont donc causées uniquement par des changements méthodologiques apportés par Schrank et Lomax.

Le premier indice présenté, l'ICR, est resté stable. Cependant, cela ne signifie pas que la congestion n'a pas changé entre 1998 et 2003, cela signifie simplement que la congestion a augmenté au même rythme que l'agrandissement du territoire couvert par l'étude. En effet, cet indice représente un niveau moyen de congestion récurrente, donc en augmentant la congestion récurrente au même rythme que l'augmentation du territoire, le niveau moyen de congestion par mille ne changera pas.

Le second indice présenté est l'ITD. Cet indice indique le pourcentage de temps supplémentaire causé par la congestion qui est nécessaire pour effectuer un voyage. Par exemple, un ITD de 1,37 comme celui de Montréal signifie que la congestion augmente la durée des voyages de 37,0 % en moyenne par rapport au temps requis s'il n'y avait aucune congestion. Cet indice a augmenté considérablement dans la présente étude par rapport aux précédentes. La raison, telle que mentionnée précédemment, tient au fait que le facteur des retards incidents, estimé par Schrank et Lomax, était auparavant estimé par la moyenne des facteurs des villes de taille similaire. Cette nouvelle estimation a permis de constater la grande sensibilité du réseau routier montréalais aux incidents, ce qui a fait considérablement augmenter les retards incidents, et donc l'ITD. Cette variation des retards incidents est également présentée au Tableau 5.2. Le ratio des retards

incidents / retards récurrents est passé de 1,3 en 2004 (pour 1998) à 2,0 en 2009 (pour 2003). En utilisant le facteur des retards incident de 1,4 obtenu en utilisant la méthode de calcul de l'étude de 2004, l'ITD devient 1,28, ce qui classerait Montréal en 23^e position.

Le coût de la congestion a beaucoup varié depuis la première étude. Cependant, les variations sont surtout causées par des changements méthodologiques et ne reflètent pas les réelles fluctuations dans le coût de la congestion. Le rang de Montréal pour le coût de la congestion oscille entre 21^e et 25^e, donc son rang est resté relativement stable. La diminution du retard récurrent entre l'étude de 2002 et la présente étude provient également d'un changement méthodologique, en particulier d'un changement au niveau des estimations des vitesses. Comme les méthodologies plus récentes de Schrank et Lomax considèrent des vitesses plus élevées, il y a moins de retards récurrents.

Pour obtenir une meilleure idée de l'évolution du coût de la congestion de la région urbaine de Montréal ainsi que l'évolution de son rang par rapport aux régions urbaines américaines, il faudrait recalculer les indices de congestions pour les données de trafic des enquêtes Origine Destination des années précédentes avec la méthodologie la plus récente.

6 Conclusion

L'application de la méthode de Schrank et Lomax pour estimer la congestion dans la région urbaine de Montréal permet de constater que, comparativement aux 90 régions urbaines américaines étudiées, la région montréalaise se positionne avantageusement, loin derrière les régions urbaines de taille comparable, à l'égard du niveau de congestion.

En matière de coût de la congestion, la région de Montréal arrive ainsi au 24^e rang sur 90 par rapport au classement des régions urbaines américaines, mais au 19^e rang des 20 régions de taille comparable.

À la suite de l'analyse des principes et des hypothèses utilisées par cette méthode, quelques observations peuvent être formulées.

Premièrement, les vitesses en écoulement libre utilisées par la méthode du TTI de 60 mi/h (97 km/h) pour les autoroutes et de 35 mi/h (56 km/h) pour les artères, nous semblent trop élevées. En effet, si l'on se réfère aux vitesses à écoulement libre spécifiées dans le MOTREM pour les liens autoroutiers (80km/h à 109km/h) et artériels (45 km/h à 80 km/h), la méthode de Schrank et Lomax attribue à certains liens des vitesses de congestion plus élevées que leur vitesse à écoulement libre ou encore que la vitesse permise. L'attribution de vitesses uniformes a pour avantage de standardiser la procédure de calcul et, par la suite, permettre la comparaison des diverses régions urbaines. Cependant, pour une région urbaine spécifique, l'utilisation de ces vitesses apparaît irréaliste pour certains liens.

En outre, les calculs résultant de l'étude du coût de la congestion routière dans la région de Montréal réalisée par les Conseillers ADEC en mars 2009¹⁹ indiquent que le retard annuel récurrent est de 58,4 millions d'heures, tandis qu'avec la méthode du TTI, ce nombre est de seulement de 10,4 millions d'heures. De plus, la méthode du TTI inclut les taxes dans le calcul du coût du carburant et ne calcule pas les coûts associés à la pollution, ce qui indique encore une fois que cette méthode n'est pas une méthode pour calculer le coût économique de la congestion pour

¹⁹ LES CONSEILLERS ADEC INC. *Évaluation des coûts de la congestion routière dans la région de Montréal pour les conditions de référence de 2003*, étude effectuée pour le Ministère des Transports du Québec, mars 2009, page 48

une ville individuelle, mais est plutôt utile pour comparer plusieurs régions urbaines sur une même base.

Enfin, la formulation de la méthode, à travers ses différentes étapes, passe fréquemment de l'analyse par lien à l'analyse de l'ensemble du réseau. Cela peut avoir plusieurs conséquences. D'abord, la méthode est difficile à suivre. Il est nécessaire qu'elle soit expliquée en détail puisque des omissions d'informations peuvent conduire à des erreurs d'interprétation dans le fonctionnement de la méthode. À ce niveau, des conversations téléphoniques avec Tim Lomax ont permis de confirmer les calculs effectués dans la présente étude. Aussi, comme la méthode est améliorée chaque année, il est difficile de comparer les résultats obtenus lors des études précédentes avec les résultats actuels pour évaluer la croissance de la congestion. À cet effet, Schrank et Lomax recalculent le classement de toutes les villes ainsi que leur évolution dans le temps pour chaque changement méthodologique, ce qui n'était pas faisable ici pour Montréal.

Quatre recommandations découlent de ces observations et de nos analyses afin de bonifier l'application de cette méthode à Montréal.

- ◆ Collecter à grande échelle des données de trafic, et produire systématiquement les estimés de débits journaliers moyens annuels, à partir de comptages. Ces comptages donneraient des estimations plus précises que les simulations.
- ◆ Recalculer le coût de la congestion sur la base des données des enquêtes Origine-Destination précédentes avec la méthode la plus récente proposée par Schrank et Lomax, si l'objectif est d'évaluer l'évolution de la congestion dans la région montréalaise sur une même base.
- ◆ Utiliser des données de vitesses mesurées sur le réseau pour caractériser les vitesses moyennes aux différents seuils de congestion observées dans la région de Montréal plutôt que d'utiliser des données ajustées pour les villes américaines. Bien que ces vitesses ne pourraient pas être utilisées dans les comparaisons avec les villes américaines, elles pourraient permettre de mieux suivre l'évolution de la congestion dans la région urbaine de Montréal.
- ◆ Effectuer un relevé exhaustif de la géométrie des autoroutes et des accotements pour permettre de calculer le facteur des retards incidents avec une plus grande précision.

Malgré les questions méthodologiques soulevées, l'exercice est très valable dans une perspective de classement des régions urbaines à l'aide d'indicateurs standardisés. Il permet de situer adéquatement la région urbaine de Montréal par rapport aux régions urbaines américaines et il serait important de poursuivre ce genre d'exercice à l'avenir.

Il est intéressant de noter que malgré le fait que les retards incidents représentent plus de deux tiers des retards totaux selon la méthode du TTI, il n'existe actuellement aucune autre méthode pour les calculer lorsqu'ils ne sont pas mesurés. Rappelons que la méthode utilisée par Schrank et Lomax est basée sur l'étude de Lindley²⁰ de 1986, qui consiste à appliquer un facteur multiplicatif aux retards récurrents. Les courbes de vitesses dans l'étude de Lindley ont cependant été mises à jour en 2000 lors d'une collaboration entre le TTI et le California Department of Transportation (Caltrans)²¹.

Il pourrait aussi être intéressant d'appliquer la méthodologie de Schrank et Lomax afin de mesurer la mobilité et les coûts de congestion relatifs pour les autres agglomérations québécoises²² et les grandes villes canadiennes.

²⁰ LINDLEY, Jeffrey A., *Quantification of Urban Freeway Congestion and Analysis of Remedial Measures*, Federal Highway Administration, Washington, D.C., octobre 1986

²¹ Informations reçues verbalement de David Schrank

²² Le MTQ dispose également de modèles régionaux de transport pour les agglomérations de Québec, Gatineau, Sherbrooke et Trois-Rivières.

7 Bibliographie

AGENCE DE RECENU DU CANADA, *Quel sont les taux de change moyens?* 2009 [En ligne]

http://www.cra-arc.gc.ca/tx/ndvdl/fq/xchng_rt-fra.html

AGENCE MÉTROPOLITAINE DE TRANSPORT *Enquête origine-destination (O-D) 2003*

Faits Saillants, réalisée conjointement avec le ministère des Transports du Québec, les sociétés de transport de la RMR de Montréal et l'école Polytechnique. En ligne.

http://www.cimtu.qc.ca/EnqOD/2003/Faits_saillants/Index.asp.

BABIN, A. et RICHARD, C., *Recueil synthèse des comptages automnaux 1998 de la région de Montréal*, MTQSMST, 4 tomes, Montréal, mai 1999.

BUREAU OF LABOR STATISTICS, *State and Metro Area Employment, Hours & Earning*,

2007, [En ligne] <http://www.bls.gov/sae/>

DILL, Jennifer, GOLDMAN, Todd et WACHS, Martin, *The Incidence of the California Vehicle*

License Fee, Institute of Urban and Regional Development, préparé pour le California Policy

Research Center, janvier 1999, 25 pages

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Highway Performance Monitoring System Field*

Manual, mai 2005, [En ligne] <http://www.fhwa.dot.gov/ohim/hpmsman/hpms.cfm>

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Journey to Work Trends*, US Department of

Transportation, Office of Planning, 2003, [En ligne] <http://www.fhwa.dot.gov/ctpp/jtw/>

GOURVIL, Louis et JOUBERT, Fannie, *Évaluation de la congestion dans la région de Montréal*,

étude réalisée par Les Conseillers ADEC inc. Pour le Ministère des Transports du Québec, Mars

2004, 88 pages [En ligne]

<http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librairie/Publications/fr/ministere/recherche/etudes/rtq04-01.pdf>

INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC, *Comparaisons interrégionales – Emploi*,

2003 [En ligne] http://www.stat.gouv.qc.ca/regions/profils/comp_interreg/comp_inter_index.htm

JOUBERT, Gilles G., *Mesure du coût de la congestion à Montréal selon la méthode du Texas Transportation Institute*, rapport présenté au Service de la modélisation des systèmes de transports du ministère des Transports du Québec, avril 2002, 33 pages

LES CONSEILLERS ADEC INC. *Évaluation des coûts de la congestion routière dans la région de Montréal pour les conditions de référence de 2003*, étude effectuée pour le Ministère des Transports du Québec, mars 2009, page 48

LINDLEY, Jeffrey A., *Quantification of Urban Freeway Congestion and Analysis of Remedial Measures*, Federal Highway Administration, Washington, D.C., octobre 1986, p.33

MTQ *Modèle d'affectation routière*. [En ligne]
http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/recherche_innovation/modelisation_systemes_transport/modele_affectation_routiere.

RAUS, J. *A Method for Estimating Fuel Consumption and Vehicle Emissions on Urban Arterials and Networks*, rapport no. FHWA-TS-81-210, avril 1981.

RESSOURCES NAURELLES DU CANADA, *Prix moyens de l'essence ordinaire au détail en 2007 – Montréal*, [En ligne]
http://www2.nrcan.gc.ca/eneene/sources/pripri/prices_bycity_f.cfm?PriceYear=2007&ProductID=1&LocationID=28#PriceGraph

SCHRANK, David et LOMAX, Tim, *Congestion Data for Your City*, Texas Transportation Institute, [En ligne] http://mobility.tamu.edu/ums/congestion_data/

SCHRANK, David et LOMAX, Tim, *The 2005 Urban Mobility Report*, Texas Transportation Institute, mai 2005, 85 pages

SCHRANK, David et LOMAX, Tim, *The 2007 Urban Mobility Report*, Texas Transportation Institute, septembre 2007, 72 pages

SCHRANK, David et LOMAX, Tim, *2009 Urban Mobility Report*, Texas Transportation Institute, juillet 2009, 134 pages [En ligne] <http://mobility.tamu.edu/ums/report/>

STATISTIQUE CANADA, *More Information on Urban Area (UA)*, Recensement 2006, [En ligne] <http://www12.statcan.ca/english/census06/reference/dictionary/geo049a.cfm>

US CENSUS BUREAU, *American FactFinder*, 2007, [En ligne] <http://factfinder.census.gov>

US CENSUS BUREAU, *Census 2000 Urban and Rural Classification*, 2009 [En ligne] http://www.census.gov/geo/www/ua/ua_2k.html

US CENSUS BUREAU, *Population Estimates - Metropolitan and Micropolitan Statistical Area*, 2007, [En ligne] <http://www.census.gov/popest/metro/metro.html>