ÉTUDES
ET RECHERCHES
EN TRANSPORTS

ÉVALUATION DE LA CONGESTION ROUTIÈRE DANS LA RÉGION DE MONTRÉAL

LOUIS GOURVIL
FANNIE JOUBERT

SOCIO-ÉCONOMIE
DES TRANSPORTS

Québec

La présente étude a été réalisée à la demande du ministère des Transports du Québec.

Les opinions exprimées dans le présent rapport n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les positions du ministère des Transports du Québec.

Auteurs

Louis Gourvil, MTQ
Fannie Joubert, Les Conseillers ADEC

Collaboration

André Babin, MTQ
Hamid Baghdadi, MTQ
Alain Bolduc, MTQ
Christine Caron, MTQ
Pierre Delorme, MTQ
Pierre Desgagnés, MTQ
Pierre Galvan, MTQ
Line Gamache, MTQ
Gilles Joubert, Les Conseillers ADEC
Michel Lessard, MTQ
Évangéline Lévesque, MTQ
Serge Marcil, Les Conseillers ADEC
Martin Noël, ing. MTQ
Pierre Tremblay, ing. MTQ

Dépôt légal – 2004
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-550-42576-6

Ministère des Transports
Québec

FICHE ANALYTIQUE DE RAPPORT

Titre et sous-titre du rapport	Nº du rapport Transports Québec
ÉVALUATION DE LA CONGESTION ROUTIÈRE DANS LA RÉGION DE MONTRÉAL	**RTQ-04-01**
	An Mois Jour Rapport d'étape ☐ Rapport final ☒ 2004-03-01
	Nº du contrat (RRDD-AA-CCXX) 1150-2001-009

Auteur(s) du rapport	Date du début de l'étude	Date de fin de l'étude
Louis Gourvil, Fannie Joubert	Avril 2001	Mars 2004

	Chargé de projet	Coût de l'étude
	Pierre Tremblay	45 000 $

Étude ou recherche réalisée par (nom et adresse de l'organisme)

Les Conseillers ADEC inc.
3640, Mc Carthy
Saint-Laurent (Québec) H4K 2A6
CANADA

Ministère des Transports du Québec
700, boul. René-Lévesque Est
Québec (Québec) G1R 5H1
CANADA

Étude ou recherche financée par (nom et adresse de l'organisme)

Ministère des Transports du Québec
700, boul. René-Lévesque Est
Québec (Québec) G1R 5H1
CANADA

But de l'étude, recherche et renseignements supplémentaires

L'étude avait pour but d'évaluer le coût socio-économique de la congestion dans la grande région de Montréal pour l'année 1998, après une première évaluation de la situation de 1993, publiée en 1997. Un seuil de congestion a été choisi, correspondant à 60 % de la vitesse à écoulement libre, et l'évaluation des retards a été effectuée à l'aide d'un modèle de simulation du réseau routier de la région de Montréal, le MOTREM 98. La valeur du temps perdu en raison de la congestion a été établie à partir du motif du déplacement et du revenu de travail.

Résumé du rapport

On estime, pour l'horizon d'étude de 1998, à 779 M$ le coût socio-économique annuel de la congestion récurrente (la congestion attribuable aux incidents n'est pas prise en compte dans cette étude). Sur une base comparable, cela représente un accroissement de 54 % des retards et des coûts dus à la congestion, par rapport aux conditions de 1993 (base de l'étude antérieure). Durant la même période, la demande en déplacements automobiles n'a crû que de 17 % et l'offre en voies autoroutières, de 3,4 %.

Plus de 90 % du coût de la congestion est associé aux retards subis par les usagers du réseau et 10 % est attribuable aux frais d'utilisation des véhicules, aux émissions polluantes et aux gaz à effet de serre. Vue sous l'angle des coûts directs supportés par les entreprises, la congestion récurrente représente un peu moins de 100 M$ annuellement. Le réseau de l'île de Montréal subit plus de 60 % des impacts régionaux de la congestion, alors qu'il ne supporte qu'un peu plus de 50 % de la consommation kilométrique routière globale (exprimée en véhicules-kilomètres). Dans l'ensemble du territoire, c'est sur le réseau autoroutier que la congestion est plus élevée (56 %), sauf sur l'île de Montréal, où c'est le réseau artériel qui est plus affecté (54 %).

L'étude évalue la position de Montréal parmi les 75 régions urbaines couvertes par le *Urban Mobility Report*, publié annuellement par le Texas Transportation Institute. Selon cette méthode, Montréal est la région la moins congestionnée comparativement aux 12 agglomérations étasuniennes de taille comparable. Cela s'explique notamment par un taux d'utilisation du transport en commun nettement plus fort, par sa densité démographique beaucoup plus élevée et par un taux de possession d'une automobile plus faible.

Nombre de pages	Nombre de photos	Nombre de figures	Nombre de tableaux	Nombre de références bibliographiques	Langue du document	Autre (spécifier)
123	0	20	30	38	☒ Français ☐ Anglais	

Mots-clés

Congestion, Montréal, circulation, coût, retard

Autorisation de diffusion

☒ Diffusion autorisée ☐ Diffusion interdite

Signature du directeur général — Date: 2004-05-11

SOMMAIRE

En 1997, une étude commandée par le ministère des Transports du Québec (MTQ) au consultant Les Conseillers ADEC chiffrait à 502 M$ ($1997) le coût socio-économique annuel de la congestion routière dans la grande région de Montréal. L'étude de 1997 portait sur la congestion routière de 1993 sur la base des données de l'Enquête origine-destination (O-D) 1993, qui était la plus récente à l'époque, et du modèle de transport de la région de Montréal du MTQ alors en usage (MOTREM 93).

Afin de suivre l'évolution de la situation, le MTQ a commandé en 2001 à ce même consultant une nouvelle évaluation de la congestion basée sur les données de l'enquête O-D 1998 et sur le MOTREM 98. Compte tenu de toutes les améliorations apportées à ce modèle de transport et à la méthode d'évaluation des coûts de la congestion, il n'est pas possible de comparer directement les résultats de cette étude et ceux de l'étude de 1997. Toutefois, les données de 1993 ont pu être transposées dans le MOTREM 98 afin de mesurer, sur une base comparable, l'évolution de la congestion entre 1993 et 1998.

Un phénomène familier, mais qui ne se prête pas facilement à l'examen

Le temps additionnel de déplacement, que nous appelons *retard* dans le contexte de cette étude, constitue l'essentiel des impacts de la congestion subis par les automobilistes, les camionneurs et autres usagers du réseau routier aux périodes de pointe du matin et du soir. Parmi les autres impacts, on note : la consommation accrue de carburant, les coûts supplémentaires d'utilisation des véhicules et les émissions additionnelles de polluants et de gaz à effet de serre.

On identifie deux grandes catégories de congestion :

1. la congestion *récurrente* est celle qui est causée par une demande, c.-à-d. un volume de circulation, qui excède l'offre (fixe) du réseau routier; on la constate principalement aux périodes de pointe du matin et du soir;
2. la congestion *incidente* est celle qui est causée localement par un accident, une panne, un chantier de construction, etc.; elle peut se produire à toute heure du jour, mais elle est particulièrement pénalisante lorsqu'elle s'ajoute à la congestion récurrente.

Bien que tous les résidents des grandes agglomérations urbaines soient familiers avec la congestion routière, il n'y a pas de seuil généralement reconnu à partir duquel on peut affirmer que les usagers subissent un retard. Cette notion est avant tout subjective et elle reflète davantage une convention sociale qu'un absolu technique. Ainsi, certains mesurent les retards à partir de la vitesse affichée. Nous avons plutôt choisi de fixer le seuil de congestion à 60 % de la vitesse à écoulement libre. La vitesse à écoulement libre est celle qu'adoptent spontanément les conducteurs lorsqu'il y a très peu de circulation sur la route. Pour une autoroute dont la vitesse à écoulement libre est de 100 km/h, le seuil de congestion est donc fixé à 60 km/h. Cette vitesse correspond de fait à la limite entre le régime de circulation non congestionnée (flux normal) et le régime de circulation congestionnée (flux forcé). La vitesse de 60 km/h est également celle autour de laquelle on observe le débit maximal que peut supporter un tronçon d'autoroute. Le retard subi correspond donc à la différence entre le temps de déplacement en situation de congestion et le temps qui aurait été requis si l'usager avait pu circuler à la vitesse seuil.

Pour mesurer l'importance de la congestion dans la grande région de Montréal, il faudrait, idéalement, connaître les vitesses pratiquées sur tous les liens routiers congestionnés, le nombre et la classification des véhicules qui y circulent, le nombre de personnes qui occupent ces véhicules, etc. Ces données ne sont toutefois pas disponibles. Nous disposons cependant d'un modèle de simulation du réseau routier, le MOTREM 98, qui permet de simuler les débits et les vitesses moyennes sur l'ensemble du réseau routier supérieur, autoroutes, artères et collectrices, pour les automobiles, camions lourds et camions réguliers, à la période de pointe du matin (6 h-9 h) d'un jour ouvrable moyen de l'automne. Ce modèle se prête bien au calcul des retards ainsi qu'à l'évaluation des coûts d'utilisation, des émissions polluantes et des émissions de gaz à effet de serre. Cependant, le MOTREM 98 ne peut simuler la congestion incidente. Nous nous sommes donc limités à l'évaluation de la congestion récurrente.

La demande en transport simulée par le MOTREM 98 est dérivée de la banque de données de l'enquête O-D 1998, enquête téléphonique effectuée durant l'automne auprès d'un échantillon d'environ 5 % des ménages de la grande région de Montréal.

L'encombrement du réseau et la géographie de la congestion

Le territoire couvert par le MOTREM 98 correspond à celui de l'enquête O-D 1998. Celle-ci couvrait 100 municipalités où vivaient près de 3,5 millions de personnes, selon le Recensement de 1996, sur un territoire de 5400 km^2. Le territoire de l'enquête O-D 1998 est un peu plus grand que celui de la région métropolitaine de recensement (RMR) de Montréal. On peut donc affirmer que le modèle couvre l'ensemble des secteurs de l'agglomération de Montréal susceptibles d'être affectés par une congestion routière récurrente.

Montréal a plus que sa part de congestion : l'île compte près des deux tiers des véhicules-heures de retard (63 %) alors qu'elle ne supporte que 52 % des véhicules-heures totaux de la région. À l'extérieur de Montréal, la Rive-Sud immédiate, avec les ponts et leurs accès, est la plus touchée par la congestion. À l'opposé, les couronnes nord et sud sont relativement épargnées. Laval est dans une situation moyenne : sa part de la congestion est approximativement égale à sa part du trafic, toujours pour la pointe du matin.

Sur l'ensemble du territoire et dans presque toutes les sous-régions, le réseau autoroutier subit la majorité des véhicules-heures de retard (56 %). Montréal fait exception, puisque 55 % des véhicules-heures de retard y surviennent sur le réseau artériel.

Montréal est la sous-région dont l'accessibilité est la plus affectée par la congestion. Dans Montréal, le centre-ville est la destination pour laquelle les temps de déplacement sont les plus allongés par la congestion.

La durée moyenne de l'ensemble des déplacements en automobile à la période de pointe du matin est de 23 minutes, congestion récurrente incluse. Les retards subis par les usagers sont très variables; environ 18 % des déplacements ne subissent aucun retard et près de 30 % des usagers subissent un retard inférieur à 5 minutes, alors que seulement 3 % des usagers subissent un retard supérieur à 30 minutes.

Estimation des coûts socio-économiques de la congestion en 1998

Les coûts de la congestion peuvent être analysés selon deux angles : du point de vue privé ou du point de vue social. La présente étude est réalisée selon le point de vue social. Cette approche est celle de l'analyse avantages-coûts des projets d'investissements publics, analyse qui permet d'en évaluer la rentabilité et, donc, la pertinence.

Le temps additionnel de déplacement (retard) subi par les usagers est la principale composante du coût socio-économique de la congestion. Il est généralement admis que le temps passé en situation de congestion par les usagers du réseau routier a une valeur économique, puisque ces derniers pourraient exercer une autre activité, lucrative ou pas, au lieu d'écouler ce temps dans la circulation. La valeur du temps dépend de plusieurs variables; nous l'avons établie en fonction du motif du déplacement et du revenu de travail de la personne. Le motif de chaque déplacement de personne a été tiré de l'enquête O-D 1998. Le revenu de travail individuel moyen de 1995, dérivé du Recensement de 1996 puis indexé pour l'année 1998, a également été associé à chaque usager du réseau routier sur la base des secteurs de recensement. Une grille de quatre motifs de déplacement sur six catégories de revenu a été constituée. Pour chacune des 24 combinaisons motif-revenu, une valeur horaire moyenne du temps a été estimée. Les quatre motifs retenus sont, en ordre décroissant de valeur du temps : le travail[1], le navettage domicile-travail, les loisirs-magasinage et finalement le navettage domicile-études.

Connaissant le nombre de personnes de chaque catégorie motif-revenu qui empruntent chaque lien du réseau routier et la valeur de leur temps, on peut estimer le coût des retards subis dans la région de Montréal par les usagers de l'automobile.

La valeur attribuée aux retards subis par les camions a été estimée à partir du salaire moyen des chauffeurs, multiplié par un facteur qui tient compte des avantages sociaux. Elle prend également en considération, jusqu'à un certain point, les pertes de productivité et les pertes liées aux retards de livraison.

Les autres coûts de la congestion évalués dans le contexte de cette étude sont les suivants : les coûts d'utilisation des véhicules (autres que le carburant), les coûts du carburant, les coûts des émissions polluantes et les coûts associés aux gaz à effet de serre produits à cause de la congestion.

Il est important de noter que le coût socio-économique de la congestion exclut les taxes. L'argent des contribuables transféré à la société par le biais des taxes ne constitue ni un coût ni un avantage; il s'agit d'un transfert qui ne doit pas être comptabilisé. Le coût socio-économique de la congestion dans la grande région de Montréal, pour l'année 1998, se chiffre à 779 M$ ($1998). Le tableau suivant indique comment se répartit ce coût.

[1] Il s'agit ici des déplacements pour lesquels les personnes sont rémunérées par leur employeur : rendez-vous d'affaires, livraison de colis, etc. et non des déplacements quotidiens entre le lieu de domicile et le lieu de travail.

Tableau A Sommaire des coûts socio-économiques annuels attribuables à la congestion récurrente sur les autoroutes et les artères, 1998 (M$1998)

Composante	M$	%
Retards (temps suppl. de déplacement des automobilistes et des camionneurs)	704,1	90,4
Coûts d'utilisation des véhicules (sauf carburant, sans taxes)	54,7	7,0
Coût des carburants (sans taxes)	10,7	1,3
Émission de polluants atmosphériques	6,0	0,8
Émission de gaz à effet de serre	3,3	0,4
Coût total pour la société	778,7	100

Les 704,1 M$ associés aux retards correspondent à 41,8 M d'heures et 651 M$ pour les automobilistes (conducteurs et passagers), ainsi qu'à 1,9 M d'heures et 53 M$ pour les camionneurs. Les retards, dans leur ensemble, représentent 90,4 % des coûts totaux. Une catégorie de déplacement subit à elle seule des retards qui représentent 75 % des coûts totaux (588 M$) : le navettage entre le domicile et le lieu de travail ou d'études. Il s'agit donc de la valeur pécuniaire du temps que ces usagers auraient pu consacrer à d'autres activités personnelles plutôt qu'à se déplacer à une vitesse inférieure au seuil retenu.

L'impact de la congestion en termes d'heures de travail perdues se chiffre à 77,2 M$ (9,9 %), dont 24,4 M$ (3,1 %) pour les personnes en situation de travail lors de leur déplacement, et 52,8 M$ (6,8 %) associés aux retards des camionneurs. Le coût de la congestion pour les entreprises est évalué à 96,5 M$ pour l'année 1998. Ce total ne représente cependant qu'un très faible pourcentage de la valeur globale des biens et services produits dans la région de Montréal, soit à peine 0,1 % du produit intérieur brut (PIB) régional de 1998, estimé à 98 milliards de dollars.

Les 10,7 M$ (sans les taxes) de carburant additionnel utilisé représentent 44,4 M de litres d'essence et 2,9 M de litres de carburant diesel par année. L'essence additionnelle utilisée représente 5,5 % de la consommation totale d'essence à la période de pointe du matin.

Les 6,0 M$ associés aux polluants atmosphériques supplémentaires sont attribuables à 2392 tonnes de CO, 375 tonnes d'hydrocarbures et 135 tonnes de NO_X. Ces quantités représentent au plus 6,1 % des émissions polluantes totales des véhicules circulant à la période de pointe du matin.

Finalement, le coût de 3,3 M$ attribuable aux gaz à effet de serre correspond à 108 600 tonnes d'équivalent CO_2 rejetées dans l'atmosphère, uniquement à cause de la congestion récurrente, ce qui correspond à 5,1 % de la production de la période de pointe du matin.

Sur une base annuelle, les émissions polluantes et les gaz à effet de serre additonnels émis à cause de la congestion représentent environ 1,5 % de la production totale des véhicules. L'élimination de la congestion récurrente, en supposant que ce soit possible, n'améliorerait donc que marginalement le bilan environnemental.

Le tableau B montre la répartition des coûts totaux par sous-région et par catégorie de route. C'est sur le territoire de Montréal (l'île) que sont engendrés près de 62 % des coûts liés à la congestion, soit 485 M$. La Rive-Sud immédiate suit, de loin, avec près de 17 % des coûts (134 M$), soit nettement plus qu'à Laval (85 M$). Les coûts de la congestion dans la couronne sud (39 M$) et dans la couronne nord (37 M$) sont très faibles. Signalons que la répartition physique de ces coûts totaux a été estimée sur la base d'une simulation de la période de pointe du matin; une simulation de la période de pointe du soir donnerait des résultats légèrement différents.

Sur le plan de la catégorie des liens routiers, on note que, globalement, 56 % des coûts sont engendrés sur les autoroutes (438 M$). Par contre, à Montréal, 55 % des coûts sont attribuables aux artères. La grande majorité des coûts associés aux artères sont engendrés sur le territoire de Montréal (78 %). Par contre, à l'extérieur de Montréal, 75 % des coûts de la congestion proviennent des autoroutes.

Tableau B Répartition du coût socio-économique total de la congestion récurrente, par type de route et sous-région, 1998 (M$ 1998)

Type de route	Montréal	Rive-Sud immédiate	Laval	Couronne sud	Couronne nord	Total
Autoroutes	218,5	117,0	62,1	19,0	21,9	438,4
Artères	266,9	16,5	22,5	19,5	14,8	340,3
Total	485,4	133,5	84,6	38,5	36,7	778,7

Évolution de la congestion entre 1993 et 1998

Alors que la demande progressait de 17 % entre 1993 et 1998 (territoire comparable), le nombre de véhicules-heures de retard a augmenté de 54 %. C'est que le réseau fonctionnait déjà à saturation dans les tronçons les plus sollicités et l'ajout, même faible, de demande à ces endroits a fait dégénérer rapidement la fluidité, et donc la vitesse de l'ensemble des usagers de ces corridors.

Toutefois, malgré ce qui apparaît comme une croissance importante de la congestion, la durée moyenne des retards n'a augmenté que d'une minute, passant de 3,3 à 4,3 minutes. La durée moyenne des déplacements en automobile (congestion incluse) est passée de 21,4 à 22,7 minutes, soit un accroissement de seulement 6 %. Parallèlement, la vitesse moyenne des véhicules diminuait de 43,8 à 42 km/h, une régression de 4 %.

C'est l'île de Montréal qui a subi le gros de l'augmentation du nombre de véhicules-heures de retard entre 1993 et 1998, soit 16 000 ou 63 % du total. Montréal a continué à supporter la majorité du fardeau de la congestion (64 % des véhicules-heures de retard en 1993, 63 % en 1998), bien que sa part des véhicules-kilomètres ait diminué, passant de 45,6 % à 42,5 %. Toutes les autres sous-régions ont subi un accroissement de la congestion, mais les couronnes ont conservé leur position privilégiée : une part de la congestion largement inférieure à leur part des véhicules-kilomètres.

Sur la base méthodologique de l'évaluation que nous venons de faire de la situation en 1998, nous estimons que le coût socio-économique de la congestion était de 498 M$ ($1998) en 1993.

Comparaison de la situation de Montréal à celle des villes américaines de taille comparable

Chaque année, depuis la fin des années 1980, le Texas Transportation Institute (TTI) publie une analyse de la congestion dans environ 75 agglomérations américaines, des plus importantes (New York) aux plus petites (Laredo, Texas). La méthode du TTI fait appel aux données du *Highway Performance Monitoring System* (HPMS). HPMS est une base de données mise sur pied par le gouvernement américain pour évaluer l'état du réseau routier supérieur et orienter ses programmes d'aide financière. Selon la méthode d'estimation de la congestion du TTI, la vitesse sur les liens routiers en période de pointe est estimée à partir du débit journalier moyen annuel, et le seuil de congestion est fixé à 60 mi/h pour les autoroutes et 35 mi/h pour les artères (ce qui correspond, de fait, à l'écoulement libre).

La méthode n'est pas très élaborée, mais elle a le mérite de permettre les comparaisons entre les régions urbaines dont le découpage suit, en gros, celui des *Urban Areas* de l'U.S. Census Bureau. Celles-ci correspondent au concept de *région urbaine* de Statistique Canada dont le territoire est plus petit que celui de la région métropolitaine de recensement.

La méthode du TTI a été appliquée à Montréal et les résultats obtenus ont été comparés à ceux de douze régions urbaines américaines de taille comparable (2 à 4 M d'habitants), incluant Atlanta, Boston, Houston, Phœnix, Miami et Minneapolis-St Paul.

La comparaison, sur la base de l'indice de congestion routière, indique que Montréal serait la moins congestionnée de toutes (13^{e} rang). Montréal est un peu moins congestionnée que Saint Louis, une région urbaine d'à peine 2,0 M de personnes. Dans l'ensemble des 75 régions urbaines américaines analysées par le TTI, Montréal se situe au 40^{e} rang, toujours derrière Saint Louis, loin des régions urbaines de population de taille semblable : Atlanta (5^{e}), Boston (8^{e}) et Houston (32^{e}). Parmi les caractéristiques qui pourraient expliquer cette situation, on note que Montréal est, et de loin, l'agglomération la plus densément peuplée et celle qui présente le plus fort taux d'utilisation du transport en commun. On note par ailleurs que les ménages de la grande région de Montréal sont nettement moins motorisés que ceux des villes américaines de taille comparable.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 1

1. PARAMÈTRES ET MODÈLES D'ESTIMATION DE LA CONGESTION 3

1.1 Définition des concepts 3

1.1.1 Congestion récurrente 4

1.1.2 Congestion incidente 6

1.1.3 Seuil de congestion 7

1.1.4 Coût social vs coût privé 10

1.1.5 Valeur du temps en situation de déplacement 11

1.2 Paramètres d'évaluation des coûts 14

1.2.1 Évaluation des retards 14

1.2.2 Coût des retards 16

1.2.3 Coûts attribuables aux émissions polluantes des véhicules 20

1.2.4 Coût du carburant 22

1.2.5 Coûts attribuables aux gaz à effet de serre 23

1.2.6 Coûts d'utilisation des véhicules, carburant exclu 24

2. ÉTENDUE ET COÛTS DE LA CONGESTION À MONTRÉAL 27

2.1 Données de base tirées du MOTREM 98 27

2.1.1 Le territoire couvert 27

2.1.2 Période modélisée et annualisation 28

2.1.3 Catégories de véhicules et de personnes modélisés 29

2.1.4 Catégories de routes modélisées 29

2.2 La congestion en 1998 31

2.2.1 Encombrement du réseau routier 32

2.2.2 Les usagers du réseau routier et la congestion 37

2.3 Coût socio-économique de la congestion récurrente 42

2.3.1 Les coûts totaux attribuables à la congestion récurrente 43

2.3.2 Coût des retards attribuables à la congestion récurrente 44

2.3.3 Coûts supplémentaires d'utilisation (sauf carburant) 45

2.3.4 Coûts supplémentaires des carburants (sans taxes) 46
2.3.5 Coûts supplémentaires des émissions polluantes..... 47
2.3.6 Coûts supplémentaires des gaz à effet de serre..... 48
2.4 Le coût de la congestion pour les entreprises..... 49

3. ÉVOLUTION DE LA CONGESTION À MONTRÉAL 51

3.1 La réévaluation des retards attribuables à la congestion en 1993..... 51
3.1.1 Le territoire couvert..... 51
3.1.2 L'évolution de l'offre..... 52
3.1.3 L'évolution de la demande entre 1993 et 1998 52
3.1.4 L'évolution du niveau de congestion de 1993 à 1998 56
3.2 L'évolution du coût de la congestion 1993-1998..... 62

4. LA CONGESTION À MONTRÉAL, PAR RAPPORT AUX VILLES AMÉRICAINES DE TAILLE COMPARABLE 65

4.1 La méthode du Texas Transportation Institute..... 67
4.2 L'application de la méthode du TTI à Montréal..... 75
4.2.1 Estimation des DJMA 76
4.2.2 Harmonisation des définitions d'artères principales 78
4.2.3 Détermination de l'équivalent montréalais du Urban Area 79
4.2.4 Estimation du facteur des retards incidents pour les autoroutes 80
4.2.5 Résultats pour Montréal..... 81
4.3 Situation de Montréal par rapport à des villes américaines de même taille..... 82

CONCLUSION 87

ANNEXE A **PRÉCISIONS SUR LES COÛTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE LA CONGESTION EN 1993, TELS QUE PRÉSENTÉS DANS L'ÉTUDE DE 1997**

ANNEXE B **RELATION ENTRE LA CONGESTION ET LES NUISANCES SONORES**

ANNEXE C **PRINCIPALES DIFFÉRENCES ENTRE LES RÉSEAUX ROUTIERS CODIFIÉS DU MOTREM 93 ET DU MOTREM 98**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Détermination du retard en fonction de la vitesse **10**

Tableau 2 Détermination du revenu moyen associé à chaque classe **17**

Tableau 3 Calcul de la valeur horaire du temps de déplacement pour le motif travail pour l'année 1998 ..... **18**

Tableau 4 Calcul de la valeur horaire du revenu net (motif autre)..... **19**

Tableau 5 Valeurs du temps ($/heure) des individus par classe de revenu et selon le motif de déplacement pour l'année 1998 ..... **20**

Tableau 6 Paramètres et valeur du temps pour les déplacements de camions **20**

Tableau 7 Coût médian de certaines émissions ($US de 1990) **22**

Tableau 8 Coût médian de certaines émissions **22**

Tableau 9 Encombrement du réseau routier par type de route et par sous-région, pour la période de pointe du matin (6h-9h), 1998 ..... **33**

Tableau 10 Retard moyen attribuable à la congestion (minutes et demande entre les sous-régions (% du de la demande du territoire à l'étude), à la période de pointe du matin, 1998 ..... **38**

Tableau 11 Retard moyen (min.) et part de la demande du territoire à l'étude (%), pour les déplacements internes à la sous-région de Montréal **39**

Tableau 12 Retard à destination du centre-ville de Montréal **40**

Tableau 13 Sommaire des coûts socio-économiques annuels attribuables à la congestion récurrente sur les autoroutes et les artères, 1998 (M$) **42**

Tableau 14 Répartition du coût socio-économique total de la congestion récurrente, par type de route et sous-région, 1998 (M$ 1998) **43**

Tableau 15 Répartition du coût socio-économique des retards, par type de véhicule et par sous-région, 1998 (M$ 1998) **44**

Tableau 16 Répartition du coût socio-économique des retards (conducteurs, passagers et camions), par type de route et sous-région, 1998 (M$ 2002) **44**

Tableau 17 Répartition du coût socio-économique des retards des automobilistes (conducteurs et passagers), par motif et par sous-région, 1998 (M$) **45**

Tableau 18 Répartition des coûts socio-économiques d'utilisation supplémentaires, sauf carburant, sans taxes, 1998 (milliers de $) **46**

Tableau 19 Répartition du coût socio-économique des carburants supplémentaires, sans taxes, par catégorie de route et par sous-région, 1998, (milliers de $) **46**

Tableau 20 Répartition du coût socio-économique des carburants supplémentaires, sans taxes, par catégorie de véhicules et par sous-région 1998 (milliers de $) **47**

Tableau 21 Répartition du coût socio-économique des émissions polluantes supplémentaires, par catégorie de route et par sous-région, 1998, (milliers de $) **47**

Tableau 22 Répartition du coût socio-économique des GES supplémentaires, par catégorie de route et par sous-région, 1998, (milliers de $) **48**

Tableau 23 Évolution du nombre de déplacements auto-conducteur produits et attirés par sous-région, période de pointe du matin, (6h-9h), 1993-1998, territoire comparable **53**

Tableau 24 Variation 1993-1998 de certains paramètres, territoire comparable **57**

Tableau 25 Variation de la valeur d'une heure de retard pondérée par les motifs de déplacement, 1993-1998 ($1998) **62**

Tableau 26 Détermination du niveau de congestion en fonction du DJMA/voie **71**

Tableau 27 Paramètres d'annualisation des retards et d'estimation des coûts pour l'année 2001 ..... **74**

Tableau 28 Facteurs d'ajustement pour l'estimation de débits de circulation 24h à partir des débits simulés (6h-9h) **76**

Tableau 29 Résultats de l'application de la méthode du TTI à Montréal, données de 1998 et paramètres de coûts de 2000 ..... **81**

Tableau 30 Situation de Montréal (1998) par rapport à des villes américaines de même taille (2000), en ordre décroissant d'ICR **83**

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Courbe densité-vitesse **4**

Figure 2 Courbe débit-vitesse **5**

Figure 3 Relation entre la vitesse et le débit sur l'autoroute Décarie, au sud de Plamondon, voie de droite **9**

Figure 4 Coûts d'utilisation des véhicules en fonction de la vitesse en conditions de congestion, sans le coût du carburant, $1998 ..... **25**

Figure 5 Découpage du territoire à l'étude **28**

Figure 6 Modélisation du réseau routier d'un quartier résidentiel typique **30**

Figure 7 Autoroutes et artères congestionnées à la période de pointe du matin de l'automne 1998 dans la grande région de Montréal **31**

Figure 8 Répartition du fardeau régional de la congestion, véhicules-kilomètres et véhicules-heures, par sous-région **35**

Figure 9 Découpage du territoire de la sous-région de Montréal **39**

Figure 10 Distribution des retards à la période de pointe du matin, 1998 ..... **41**

Figure 11 Évolution du ratio des déplacements auto-conducteur attirés sur les déplacements auto-conducteur produits, à la période de pointe du matin, 1993-1998 ..... **54**

Figure 12 Variation du débit sur les autoroutes et les artères à la période de pointe du matin, 1993-1998 ..... **55**

Figure 13 Sections d'autoroutes et d'artères congestionnées en 1993 et nouvelles sections congestionnées en 1998 ..... **58**

Figure 14 Évolution de la distribution du fardeau de la congestion, par sous-région, 1993-1998 ..... **60**

Figure 15 Survol de la procédure de calcul des vitesses et des retards du TTI **68**

Figure 16 Détermination de la part du DJMA susceptible d'être affectée par la congestion **70**

Figure 17 Détermination des vitesses en période de pointe à partir du DJMA/voie, autoroutes **72**

Figure 18 Détermination des vitesses en période de pointe à partir du DJMA/voie, artères principales **73**

Figure 19 Comparaison des DJMA estimés et des comptages effectués durant la période de l'enquête O-D 1998 ..... **77**

Figure 20 Territoire de la région urbaine de Montréal vs territoire de l'enquête O-D 1998 ..... **80**

LISTE DES SIGLES

AMT	Agence métropolitaine de transport
CEMT	Conférence européenne des ministres des transports
CMSA	Census Metropolitan Statistical Area
CUM	Communauté urbaine de Montréal
DJMA	Débit journalier moyen annuel
FHWA	Federal Highway Administration
GES	Gaz à effet de serre
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
RMR	Région métropolitaine de recensement
RU	Région urbaine
SAAQ	Société de l'assurance automobile du Québec
SMST	Service de la modélisation des systèmes de transport
TTI	Texas Transportation Institute

INTRODUCTION

La perte de mobilité dans les réseaux routiers, qui caractérise la plupart des grandes villes, entraîne des coûts importants pour la société. L'agglomération urbaine de Montréal ne fait pas exception.

Afin de répondre au besoin de connaissance du phénomène de la congestion, une première évaluation a été réalisée en 1997 par Les Conseillers ADEC pour le compte du ministère des Transports du Québec (MTQ)[2]. Cette première étude des coûts socio-économiques de la congestion routière pour la région de Montréal en estimait le coût annuel total à 502 millions de dollars (M$)[3]. L'étude était basée sur les résultats de l'Enquête origine-destination 1993 et sur un modèle de simulation de la circulation sur le réseau de l'agglomération de Montréal, soit le modèle de transport de la région de Montréal (MOTREM 93) du MTQ.

En 2001, le MTQ a commandé une nouvelle évaluation des coûts de la congestion afin de tenir compte de la disponibilité d'une nouvelle enquête origine-destination effectuée en 1998 et de profiter des améliorations apportées au MOTREM et des connaissances méthodologiques récentes. Cette réévaluation a également été confiée aux Conseillers ADEC. Toutefois, il a vite fallu se rendre compte que cet exercice ne serait pas une simple mise à jour de l'étude de 1997 puisque plusieurs paramètres avaient connu des modifications ou devaient être remis en question : le territoire visé, les valeurs du temps, le seuil de congestion, la classification des routes, les courbes volume-délai, etc.

C'est pourquoi les résultats de la présente étude ne sont pas directement comparables avec ceux de l'étude de 1997. Afin de permettre tout de même de mesurer l'évolution de la congestion entre 1993 et 1998, la demande et le réseau routier de 1993 ont été réexaminés à l'aide du MOTREM 98.

Le premier chapitre décrit les concepts et les paramètres de la méthode de calcul mise au point pour la région de Montréal avec lesquels sont évalués les coûts socio-économiques de la congestion.

---

[2] LES CONSEILLERS ADEC INC., *Évaluation des coûts de la congestion routière dans la grande région de Montréal,* Rapport final, décembre 1997, 63 pages.

[3] Ce chiffre ayant donné lieu à plusieurs interprétations erronées, voir l'annexe A pour des précisions sur sa nature véritable.

Le second chapitre caractérise l'étendue de la congestion dans la région de Montréal et présente les coûts pour l'année 1998.

Le troisième chapitre traite de l'évolution de la congestion dans la grande région de Montréal entre 1993 et 1998.

Le quatrième chapitre compare la situation de Montréal à celle de grandes villes des États-Unis en utilisant une méthode développée au Texas Transportation Institute.

1. PARAMÈTRES ET MODÈLES D'ESTIMATION DE LA CONGESTION

Le chapitre compte deux parties. La première définit les principaux concepts qui ont balisé cette étude : la congestion récurrente, la congestion incidente, le seuil de congestion, le coût social vs le coût privé et la valeur du temps. La seconde partie du chapitre décrit les différents paramètres et méthodes de calcul retenus.

1.1 Définition des concepts

Lorsqu'il y a très peu de circulation sur une route, les conducteurs sont libres d'adopter la vitesse qui leur plaît, dans la mesure du respect des limites imposées. Cette allure non contrainte est appelée *vitesse à écoulement libre*. Force est de constater qu'elle est souvent supérieure à la vitesse maximale affichée[4].

Si le nombre, donc la densité, des véhicules sur la route augmente, les usagers s'adaptent en diminuant leur vitesse, ce qui allonge la durée de leurs déplacements. La route devient ainsi moins efficace pour les usagers. Lorsque le nombre de véhicules s'approche de la capacité maximale d'écoulement[5], les vitesses chutent rapidement et la circulation devient congestionnée et instable. Les usagers perdent du temps. La congestion provoque également une consommation accrue de carburant et des émissions polluantes additionnelles, mais l'impact principal de la congestion demeure la durée supplémentaire de déplacement qu'elle impose, qu'on appelle ici le *retard*.

> Le retard, tel qu'il est entendu ici, représente le temps supplémentaire pour effectuer un déplacement au-delà du temps qui aurait été nécessaire en absence de congestion. Il n'implique pas que les personnes qui subissent de la congestion arrivent en retard à leur destination.

On distingue deux types de congestions, quant à ce qui peut la causer: la congestion *récurrente* et la congestion *incidente*.

[4] À Montréal, la vitesse maximale autorisée sur la plupart des tronçons autoroutiers situés dans la partie centrale de l'île est de 70 km/h, bien que la vitesse à écoulement libre observée soit souvent proche de 100 km/h.

[5] La capacité théorique d'une voie d'autoroute est d'environ 2400 équivalents automobiles par heure, en conditions idéales.

1.1.1 Congestion récurrente

La congestion récurrente est attribuable à un excès de volume de circulation (ou trafic) au-delà de la capacité des liens routiers[6]. Typiquement, la congestion récurrente se reproduit tous les jours de la semaine, en particulier lors des périodes de pointe du matin et du soir, causant ainsi des retards dits *de circulation* (*traffic delay* en anglais). Les impacts de la congestion récurrente sur les usagers sont divers : certains usagers modifient leur trajet, d'autres changent l'heure de leur départ, etc. La congestion récurrente est donc indicatrice de la performance opérationnelle du réseau routier en fonction de la demande de déplacements.

Du point de vue de la théorie de la circulation, la congestion récurrente se produit lorsque le nombre de véhicules empruntant une voie routière à un moment donné excède la capacité de la route. La congestion récurrente découle donc des lois d'écoulement du trafic et de la relation entre la vitesse (V, en km/h), le débit (Q, en véhicules/heure) et la densité (D, en véhicules/km), telle que :
D = Q/V

La relation entre ces paramètres implique que la vitesse d'écoulement V décroît avec l'augmentation de la densité D, comme l'illustre la figure 1. Lorsque la densité est maximale, la vitesse est nulle (file d'attente).

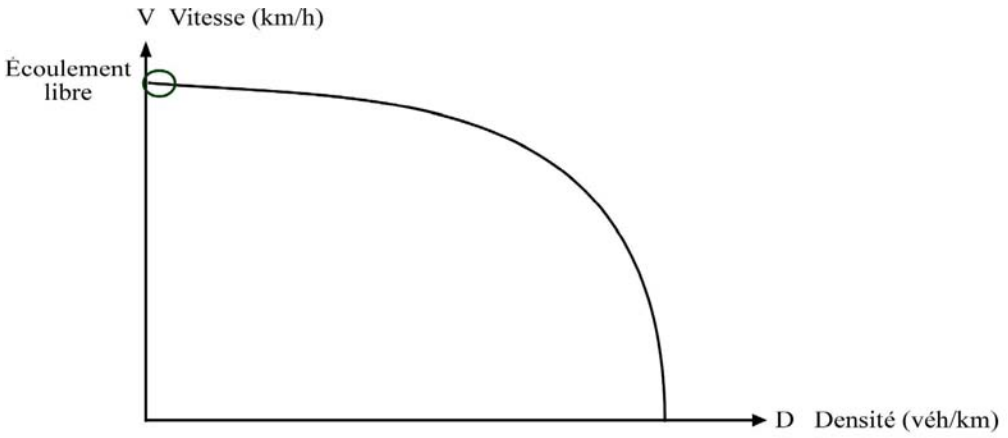


Figure 1 Courbe densité-vitesse

[6] Un document de l'OCDE définit ainsi la congestion récurrente : « La congestion récurrente est le retard prévisible provoqué par le débit important des flux de véhicules qui empruntent l'infrastructure au même moment. » *Gérer la congestion et la demande de trafic routier,* OCDE, Paris, 1994, p.13.

Il en résulte que le débit Q est en relation avec la vitesse selon une courbe parabolique[7], tel que l'indique la figure 2. Cette figure montre que la congestion récurrente n'est pas un phénomène linéaire. En effet, en suivant la courbe de *flux normal*, on peut constater que plus le volume augmente, plus la vitesse diminue rapidement. Lorsque la capacité maximale du lien routier est atteinte, au point Qc, on se trouve dans une zone de *flux instable*. Au-delà de la capacité, lorsque des véhicules tentent de s'ajouter, le flux de véhicules est *forcé*, les vitesses diminuent encore et le débit qui passe en un point du réseau est réduit de plus en plus. Dans la zone d'instabilité, les manœuvres des véhicules sont déjà contraintes et la moindre perturbation peut faire basculer les conditions de déplacement dans la courbe de *flux forcé*, de laquelle il est difficile de ressortir.

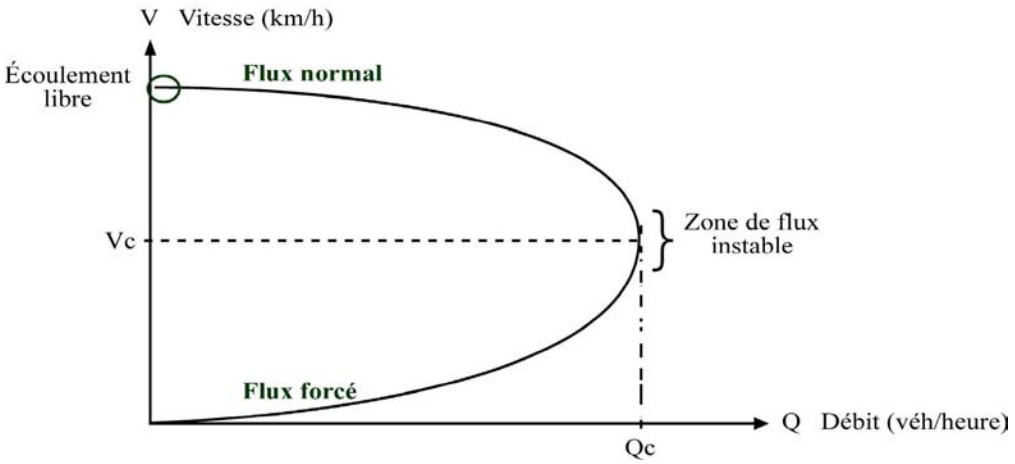


Figure 2 Courbe débit-vitesse

Du point de vue économique, la congestion récurrente résulte essentiellement des fluctuations de la demande de déplacements dans le temps, alors que l'offre d'infrastructures est relativement stable sur une longue période. En termes économiques, la congestion récurrente est donc l'expression d'un excédent, en un moment donné, de la demande par rapport à l'offre qui est fixe.

C'est un problème typique des produits et des services des industries à forte capitalisation physique et ayant une demande variable dans le temps, identifié plus généralement comme *l'engorgement des réseaux*. Il y a donc un « marché » des déplacements où le prix correspond d'abord au temps de déplacement et, dans certains cas, à des coûts facturés aux clients (péage).

[7] Émile QUINET, *Principes d'économie des transports*, Paris, Économica, 1998.

1.1.2 Congestion incidente

La congestion incidente est associée à des conditions aléatoires ou à des événements particuliers et fortuits, même mineurs[8]. Mentionnons notamment les accrochages, les bris mécaniques, les pannes d'essence, les accidents, les chantiers de construction, les conditions climatiques, etc.

Des ralentissements sont souvent même provoqués par la curiosité des usagers de la route à l'égard des incidents hors route ou en direction inverse. Ainsi, la congestion peut apparaître temporairement sur des tronçons du réseau qui ne sont habituellement pas congestionnés. Contrairement à la congestion récurrente, la congestion incidente n'est pas nécessairement associée à une circulation intense[9].

La congestion incidente est généralement attribuable à une réduction temporaire de la capacité intrinsèque (ou de conception) des liens routiers consécutive à un incident. Il s'agit donc d'un type de congestion tout à fait différent de la congestion récurrente en ce sens que, dans le cas de cette dernière, ce sont les fluctuations de la demande de déplacements qui constituent le facteur explicatif alors que, pour la congestion incidente, c'est le facteur capacité, plus précisément sa réduction temporaire, qui explique le phénomène.

Ce type de congestion peut se produire n'importe quand, mais aussi lors des périodes de pointe, ce qui aggrave les retards attribuables à la congestion récurrente. À cause de leur caractère imprévisible, les retards causés par des incidents sont plus pénalisants pour les usagers de la route que les retards de circulation parce qu'ils ne peuvent s'y adapter. Mais les systèmes de gestion de la circulation permettent toutefois d'atténuer les impacts des incidents sur les usagers en les informant des perturbations ou en assurant l'intervention rapide des services d'urgence.

Nous ne disposons pas de données qui nous permettraient d'évaluer les retards causés par la congestion incidente à Montréal. Par ailleurs, les coûts associés à ces retards étant imputables aux incidents qui les causent, il serait discutable de les ajouter aux coûts des retards attribuables à la demande de circulation excédentaire.

---

[8] Le document de l'OCDE cité précédemment la définit ainsi : « La congestion non récurrente est le retard non prévisible provoqué par des événements spontanés, non programmés […] », p. 14

[9] Sauf dans le cas d'un incident qui serait directement provoqué par l'intensité de la circulation. Or, nous ne disposons pas de données nous permettant de développer ce sujet.

1.1.3 Seuil de congestion

Pour mesurer le retard causé par la congestion, il faut définir le seuil à partir duquel on considère que l'usager et, par voie de conséquence, la société subissent une congestion à laquelle on peut associer une valeur. La notion de seuil de congestion consiste à déterminer à partir de quel niveau de trafic les coûts socio-économiques et environnementaux engendrés par la congestion doivent être comptabilisés. Il n'y a pas de règle reconnue à cet égard. Certains considèrent que tout usager qui effectue un déplacement à une vitesse inférieure à la vitesse d'écoulement libre subit un retard[10].

Il serait ambitieux de viser à éliminer la congestion dans une grande agglomération[11], le propre de la ville étant justement de concentrer l'activité économique et humaine de manière à produire des économies d'échelle. Nous formulons l'hypothèse que les usagers de la route dans les grandes agglomérations sont prêts à accepter un allongement du temps de parcours, du moins en période de pointe. On peut également croire que la tolérance des usagers envers la congestion évolue dans le temps, au rythme de la détérioration des conditions de circulation. De plus, la tolérance à la congestion varie d'un individu à l'autre et d'un moment à l'autre. Il ne peut donc y avoir de seuil de congestion qui soit universellement acceptable. Pour les Pays-Bas, par exemple, le Plan national relatif à la circulation et aux transports[12] s'est donné comme objectif d'offrir aux usagers une vitesse d'au moins 60 km/h sur les autoroutes aux heures de pointe. La Californie a choisi un seuil de congestion de 35 mi/h (56 km/h) sur les autoroutes[13]. Le gouvernement français, sur le site Internet qui présente l'état de la circulation en temps réel en Île-de-France[14], fixe la limite entre la circulation normale et forcée à 60 km/h.

Puisque dans une agglomération urbaine, la congestion touche à la fois le réseau autoroutier et le réseau artériel, il faut que le seuil de congestion soit modulé en fonction du type de segment routier. Certaines artères sont conçues pour permettre des vitesses relativement élevées alors que d'autres sont conçues pour des vitesses modérées.

---

[10] Voir à cet égard la méthode d'évaluation des coûts de la congestion du Texas Transportation Institute à l'adresse suivante : www.tti.org

[11] Un document de la Conférence européenne des ministres des Transports (CEMT, 1998) affirme d'ailleurs à ce sujet que « prendre pour référence une situation de circulation fluide revient à commettre une erreur : lorsque la situation est fluide, la capacité des infrastructures est sous-utilisée au point de ne pas justifier des investissements dans cette capacité infrastructurelle. On peut donc affirmer qu'il existe un niveau de congestion économiquement optimal, qui est souhaitable pour que les capacités ne soient pas sous-employées ». *L'étendue de la congestion en Europe*, Table ronde 110, 1998, page 2.

[12] Voir le communiqué de presse du 16 octobre 2000 intitulé *La circulation et les transports en 2020*, sur : http://www.minvenw.nl/rws/projects/nvvp/

[13] UCLA EXTENSION PUBLIC POLICY PROGRAM. *Traffic Congestion : Issues and Options*, Conference Summary, 2003, p. 16.

[14] Voir : http://www.sytadin.equipement.gouv.fr/ Le site désigne également le «bouchon» comme toute portion de route où la vitesse descend sous les 30 km/h. Le bouchon se termine lorsque la vitesse remonte au-dessus de 60 km/h.

Dans le contexte de cette étude, nous avons retenu un seuil de congestion exprimé sous la forme d'une vitesse. Nous croyons que la vitesse est le paramètre le plus approprié pour exprimer le seuil de congestion parce que c'est un concept tangible et connu de tous[15].

> Nous avons choisi, comme seuil de congestion, 60 % de la vitesse à écoulement libre, peu importe le type de route.

Ce pourcentage correspond en pratique à la frontière entre le régime de circulation non congestionnée (flux normal) et le régime de circulation congestionnée (flux forcé), tel qu'il est observé en différents points du réseau autouroutier montréalais. Donc, pour une autoroute dont la vitesse à écoulement libre serait de 100 km/h, le seuil de congestion sera de 60 km/h(voir ci-dessous)[16]. Pour une artère dont la vitesse à écoulement libre serait de 50 km/h, le seuil de congestion sera de 30 km/h.

Pour illustrer les conditions de circulation au seuil proposé pour les autoroutes, la figure 3 montre, pour la semaine du 24 mars au 3 avril 2000, la relation entre la vitesse de la circulation et le débit mesurés sur l'autoroute Décarie à Montréal, dans la voie de droite, au sud de l'avenue Plamondon. Chaque point représente une observation (vitesse moyenne par tranche de 5 minutes). Bien que la vitesse affichée sur cette autoroute soit de 70 km/h, nous observons que la vitesse d'écoulement libre peut approcher 100 km/h. Dans l'ensemble, les vitesses pratiquées varient entre 20 et 110 km/h.

[15] À noter que dans l'étude de 1997, le seuil de congestion était défini en fonction du rapport débit/capacité de chaque route.

[16] La vitesse de 60 km/h correspond également à la limite inférieure de la vitesse affichée sur les autoroutes du Québec (Code de la sécurité routière du Québec, L.R.Q., chapitre C-24.2, article 328).

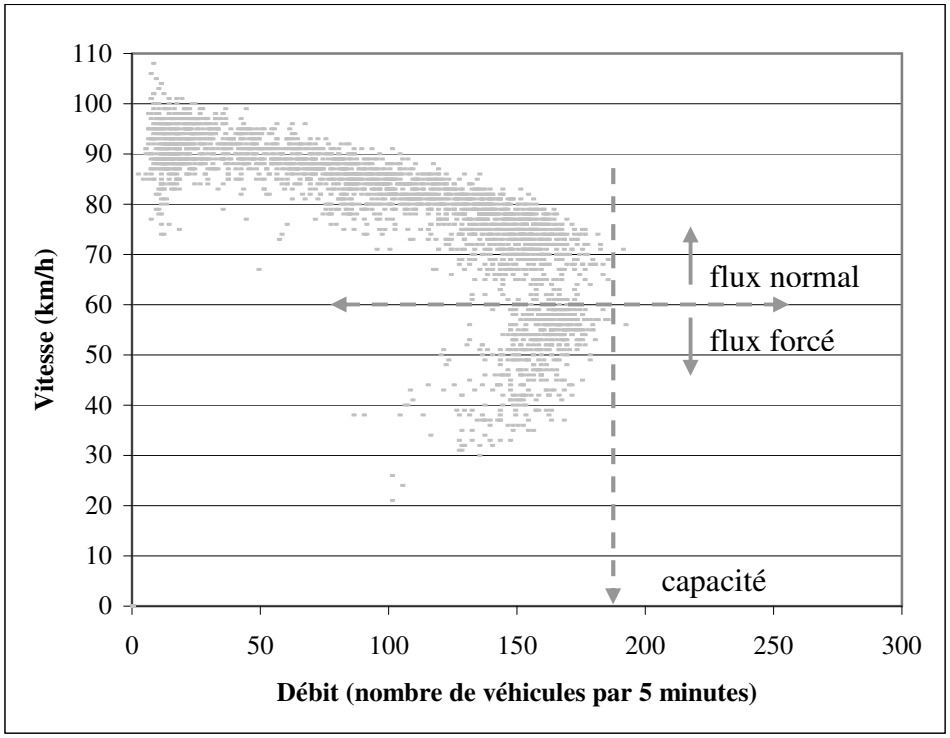


Figure 3 Relation entre la vitesse et le débit sur l'autoroute Décarie, au sud de l'avenue Plamondon, voie de droite

Le nuage de points révèle clairement deux situations. La partie supérieure représente l'écoulement de la circulation sans congestion, à vitesse élevée, où l'augmentation de débit ne cause qu'une faible diminution des vitesses. À ce régime, la vitesse ne baisse guère sous les 65 km/h, même lorsque le débit frôle la capacité, laquelle semble se situer à cet endroit à environ 180 véhicules/ période de 5 minutes[17]. La partie inférieure de la figure représente les conditions en situation de congestion. Les vitesses y sont plus faibles; elles varient généralement entre 30 et 60 km/h. Elles sont également plus variables; l'écoulement de la circulation en congestion est généralement saccadé. Lorsque la congestion perdure, on observe la formation de files d'attente en amont de la section congestionnée.

[17] La capacité horaire théorique de 2400 automobiles par heure pour une voie d'autoroute correspond à 200 automobiles par période de 5 minutes.

La limite entre le régime de circulation non congestionnée (flux normal) et le régime de circulation congestionnée (flux forcé) se situe aux environs de 60 km/h (ligne pointillée), soit 60 % de la vitesse à écoulement libre de 100 km/h. C'est également autour de 60 km/h qu'on observe les débits les plus élevés.

Les relations vitesse-débit sur une artère sont différentes, notamment parce que la vitesse est tributaire des feux de circulation. L'écoulement de la circulation est généralement saccadé, quel que soit le débit, à moins que les feux soient bien coordonnés et que les véhicules respectent la vitesse de référence. De façon générale, l'augmentation du débit sur une artère provoque une réduction plus rapide de la vitesse que sur une autoroute. En toute logique et toute équité, nous avons adopté le même seuil de 60 % de la vitesse à écoulement libre pour les artères.

À titre d'exemple, le tableau suivant montre comment le temps supplémentaire de déplacement (retard) est déterminé à partir de la vitesse sur un hypothétique tronçon d'autoroute d'une longueur de 10 kilomètres. À 25 km/h, le temps requis pour franchir la distance de 10 kilomètres est de 24 minutes, soit 14 minutes de plus qu'à la vitesse seuil. Le « retard » est donc de 14 minutes.

Tableau 1 Détermination du retard en fonction de la vitesse

Vitesse	Temps requis	Remarque
100 km/h	6 minutes	Vitesse à écoulement libre
60 km/h	10 minutes	Seuil de congestion : retard = 0 min.
25 km/h	24 minutes	En congestion : retard = 24 – 10 = 14 min.

1.1.4 Coût social vs coût privé

Les coûts de la congestion peuvent être analysés selon deux angles : du point de vue privé ou du point de vue social. Dans les deux cas, les paramètres à prendre en considération ainsi que la méthode de comptabilisation des coûts sont différents.

Du point de vue privé, les coûts de la congestion sont ceux assumés directement ou indirectement par les usagers des réseaux de transport, à savoir : le retard non rémunéré (perte de revenus), les coûts d'utilisation des véhicules et les coûts des accidents attribuables à la congestion. De plus, puisque dans le contexte d'une estimation des coûts privés on tient compte des paiements de transfert, les taxes payées par les usagers sont incluses dans les valeurs des paramètres.

Du point de vue social, les coûts de la congestion sont les coûts des ressources de l'ensemble de la société imputables à la congestion et qui auraient pu être utilisées pour des activités socio-économiques plus valorisées. On y inclut alors la valeur du temps supplémentaire de déplacement des usagers du réseau routier, ce temps pouvant être utilisé à des fins socialement plus productives ou utiles, les coûts supplémentaires d'utilisation des véhicules, la valeur des dommages à l'environnement – principalement la pollution atmosphérique et les émissions de gaz à effet de serre supplémentaires – et le coût social des accidents. Contrairement aux coûts privés, une estimation des coûts pour la société n'inclut pas les paiements de transfert. Les taxes sont donc exclues des prix des ressources. Par exemple, les taxes sur les carburants payées par les individus se retrouvent dans les fonds du gouvernement qui les redistribue à la société sous diverses formes. Ainsi, d'un point de vue social, l'argent des contribuables transféré à la société n'est ni un coût ni un avantage ; il s'agit d'un simple transfert qui ne doit pas être comptabilisé.

Certains des paramètres de coûts sont pris en compte à la fois par le point de vue social et par le point de vue privé, mais le point de vue social a l'avantage d'être exhaustif. C'est pourquoi l'approche sociale est celle de l'analyse avantages-coûts des projets d'investissements publics, analyse qui permet d'en évaluer la rentabilité et donc la pertinence.

> La présente étude des coûts de la congestion est réalisée selon le point de vue social.

1.1.5 Valeur du temps en situation de déplacement

Un des éléments très importants dans les évaluations économiques de projets routiers et de transport est la valeur attribuée à la réduction de la durée des déplacements. En effet, le temps est une ressource rare et non remplaçable. Le temps passé à voyager réduit le temps disponible pour d'autres activités comme le travail, les études, le magasinage ou les activités de loisir. Les individus qui doivent se déplacer ne veulent pas que leur voyage dure plus longtemps que le temps minimum requis – temps budgétisé ou temps jugé

acceptable – pour se rendre à destination, exception faite des personnes qui se promènent pour le plaisir de le faire, ce qui est vraisemblablement marginal durant les périodes de pointe. Pour leur part, les employeurs ne veulent pas que les heures productives soient réduites par des retards.

Un individu en situation de déplacement et faisant face à la congestion encourt des inconvénients liés à l'usurpation de son temps puisqu'il ne peut pas vaquer à des occupations utiles. Cela suppose que les voyageurs ont en général d'autres activités plus valorisées que celle de se déplacer. Toute mesure qui permet de réduire le temps consacré à se déplacer a une valeur tant pour l'individu que pour la société.

Le temps de déplacement, incluant le temps perdu en situation de congestion, étant improductif, il a donc un coût d'opportunité (coût de renonciation). La valeur du temps de déplacement dépend par conséquent de la volonté de payer des voyageurs ou de la société pour le réduire. Certains avancent que c'est la valeur des activités alternatives qui reflète le mieux le prix du temps (méthode des préférences observées). D'autres préconisent plutôt une approche d'enquêtes directes pour établir cette valeur (méthode des préférences déclarées).

La théorie économique sur la valeur du temps de déplacement reconnaît que le temps de déplacement a deux composantes : une composante pure de coût d'opportunité et une composante de désutilité liée à l'instabilité, à l'inconfort, à l'anxiété, au risque, etc., qui rendent la valeur du temps plus ou moins grande[18] selon les attributs des modes de transport en présence et selon les individus et leurs motifs.

Du point de vue économique, gagner du temps lors d'un déplacement constitue, pour l'individu, un gain en ce qui concerne son budget-temps disponible. Ainsi, la valeur du temps peut être vue comme étant égale à la volonté de payer du consommateur pour augmenter marginalement son budget-temps d'une unité. C'est la notion même de la valeur marginale du temps. Pour la société, gagner du temps signifie un gain de production potentiel.

Intuitivement, on peut penser aussi que la valeur du temps est une fonction décroissante de la quantité de temps épargné selon la distance parcourue. Par exemple, le nombre de passagers qui acceptent de payer un dollar pour épargner cinq minutes lors d'un court déplacement est probablement supérieur au nombre de passagers qui seraient prêts à payer un dollar pour épargner cinq minutes lors d'un déplacement très long.

[18] La CEMT établit que « les analyses ont montré que les individus multiplient le temps par un facteur de trois aussitôt qu'il s'agit d'un temps d'attente ». *L'étendue de la congestion en Europe,* Table ronde 100, 1998, page 1.

Par ailleurs, plusieurs études empiriques suggèrent que la volonté de payer afin d'épargner du temps varie selon le revenu de l'usager et selon la nature du temps perdu. Par exemple, on peut s'attendre à ce qu'une personne qui aurait le choix entre prendre l'autobus ou une automobile pour parcourir une distance donnée soit prête à payer davantage pour épargner 20 minutes de temps de déplacement debout dans l'autobus que pour sauver les mêmes 20 minutes confortablement assis dans une automobile.

De même, on peut s'attendre à ce qu'un individu qui a un revenu élevé valorise son temps de déplacement de manière plus importante que quelqu'un dont le revenu annuel est faible.

Une autre problématique soulevée lors de l'évaluation de projets de transport en milieu urbain est de savoir s'il faut évaluer les petits gains de temps de la même façon que l'on évalue les gains en temps plus importants.

Généralement, au moment de l'évaluation économique des améliorations apportées aux infrastructures de transport, on constate de « faibles » gains de temps réalisés par une majorité d'usagers et « d'importants » gains de temps réalisés par une minorité d'usagers. Cependant, dans ces mêmes études, on considère usuellement des valeurs de temps, par motif ou par genre de véhicule, de façon linéaire, c'est-à-dire qu'elles ne varient pas en fonction de l'importance des gains de temps des usagers. L'exemple classique souvent mentionné est que 10 secondes épargnées par 60 personnes ont le même poids que 10 minutes épargnées par une seule personne, soit 10 personnes-minutes.

On trouve dans la littérature de nombreux auteurs qui appuient la validité d'une telle approche uniforme. Quelques-uns des arguments le plus souvent avancés sont :

- même de faibles gains de temps augmentent la capacité opérationnelle des routes et permettent que plus de déplacements soient réalisés;
- tout gain de temps influe sur le budget-temps disponible aux usagers et à la société et peut être réintroduit dans leur schéma d'activités.

Nous sommes d'avis que la valeur du temps attribuée par les usagers au temps gagné ou perdu varie en fonction de son importance, et ce, même pour des petites variations du temps épargné. Nous pensons que les arguments qui sont souvent soulevés pour défendre l'idée d'une même valeur du temps, quelle que soit l'importance du gain de temps, ne font que justifier l'existence d'une valeur pécuniaire, aussi minime soit-elle, attribuée implicitement par les usagers à tout gain de temps. Il n'y a qu'à penser aux individus se dépêchant de traverser aux intersections bien que le feu de circulation soit jaune, ou aux individus qui exécutent toutes sortes de manœuvres de dépassement pour gagner quelques secondes.

1.2 Paramètres d'évaluation des coûts

Les impacts de la congestion routière sont divers : retards pour les usagers des divers modes de transport routier, perte de productivité des entreprises dont les employés font usage du réseau de transport, augmentation des émissions de polluants atmosphériques, des gaz à effet de serre, de la consommation de carburant et des coûts d'utilisation des véhicules. Nous avons également songé à évaluer le coût des accidents attribuables à la congestion, mais nous ne disposons pas des données nécessaires pour le faire.

Une évaluation des impacts du bruit a également été envisagée (voir annexe B). Mais il a cependant été déterminé que le ralentissement de la circulation associé à la congestion est de nature à diminuer le bruit. Cet impact positif est toutefois annulé par les véhicules qui continuent à circuler à vitesse élevée en direction inverse, dans le sens contraire de la pointe. Il a donc été décidé de ne pas tenir compte de l'impact de la congestion sur le bruit. Les paragraphes qui suivent décrivent les méthodes proposées pour estimer les différents impacts qui sont pris en considération.

1.2.1 Évaluation des retards

Puisque nous ne pouvons mesurer directement les vitesses sur l'ensemble du réseau routier de la région de Montréal, l'évaluation des retards est basée sur les résultats de la simulation du modèle de transport de la région de Montréal version 1998[19]. Ce modèle a été mis au point par le Service de la modélisation des systèmes de transport du MTQ, à l'aide du logiciel EMME/2[20]. Il s'agit d'un modèle macroscopique du réseau routier de la grande région de Montréal où chaque autoroute, chaque artère et la plupart des collectrices sont décrites précisément. Les rues de nature locale ne sont généralement pas intégrées

[19] Voir, pour plus d'information : Pierre TREMBLAY, *Survol technique du modèle de transport de la région de Montréal*, Service de la modélisation des systèmes de transport, DPMG-MTQ, septembre 2002, 34 p.
[20] Voir : www.inro.ca

explicitement au modèle. Il est cependant supposé qu'il y a peu de congestion sur les rues locales.

Le modèle est alimenté par des matrices de demande tirées de l'Enquête origine-destination 1998[21]. À chaque catégorie de lien routier correspond une fonction qui permet d'estimer la vitesse sur le lien en fonction du débit. Selon l'approche de simulation agrégée, dite statique, il est supposé que tous les véhicules circulent à la même vitesse moyenne sur un lien routier durant toute la période simulée. La vitesse à débit nul correspond à la vitesse à écoulement libre, laquelle ne correspond pas nécessairement à la vitesse affichée. Le MOTREM 98 permet de reproduire de façon réaliste les débits et les temps de parcours à la période de pointe du matin (6 h-9 h) sur les principaux axes routiers de la grande région de Montréal, pour une journée ouvrable de l'automne 1998[22]. Toutefois, le MOTREM ne permet pas de simuler la congestion incidente attribuable aux accidents, aux pannes, etc. C'est pourquoi seule la congestion récurrente sera prise en considération dans le contexte de cette étude.

Seuls les liens pour lesquels la vitesse simulée est inférieure au seuil de congestion sont considérés congestionnés. Pour ces derniers, le retard est calculé en faisant la différence entre le temps qui aurait été requis pour parcourir le lien routier au seuil de congestion et le temps estimé par le modèle. La multiplication du retard par le débit et par le taux d'occupation moyen des véhicules représente le retard total des usagers d'un lien routier.

Par exemple, prenons un segment d'autoroute d'une longueur de 1 km dont la vitesse à écoulement libre est de 100 km/h et pour lequel le taux moyen d'occupation est de 1,2 personne/véhicule. Pour ce lien, la simulation indique une vitesse de 37,5 km/h et un débit de 15 000 véhicules à la période de pointe du matin (6 h-9 h). Le retard subi par chaque usager de ce segment d'autoroute correspond à la différence entre le temps nécessaire pour parcourir le segment d'autoroute (1 km/37,5 km/h) et le temps qui aurait été requis au seuil de congestion (1 km/60 km/h). Le retard individuel n'est que d'un centième d'heure (36 secondes) mais le retard collectif se chiffre à 180 personnes-heures :

$$15\,000\,véh.*1{,}2\ pers./véh.*\left(\frac{1\,km}{37{,}5\,km/h}-\frac{1\,km}{60\,\%*100\,km/h}\right)=180\,personnes-heures$$

La somme des retards sur l'ensemble des liens routiers représente le retard des usagers de toute l'agglomération.

[21] Voir : http://www.cimtu.qc.ca/EnqOD/Index.asp

[22] Une comparaison des temps de parcours simulés avec des relevés faits par « voitures flottantes » sur les axes importants du réseau routier montre que les temps estimés par le MOTREM 98 sont proches de la moyenne des temps de parcours relevés en période de pointe.

Le MOTREM 98 permet de ventiler les retards par catégorie de route, d'usager et de véhicule – automobiles, camions réguliers[23], camions lourds[24] – ainsi que par secteur géographique.

Le MOTREM 98 n'est cependant pas en mesure de simuler l'impact de la congestion routière sur les autobus. Ces derniers ne circulent pas à la même vitesse que les autres véhicules parce qu'ils doivent s'arrêter fréquemment pour prendre ou laisser des passagers le long de leur parcours. De plus, la durée des arrêts le long du parcours est généralement plus importante en période de pointe parce que l'achalandage est plus important. La vitesse des autobus n'est donc pas directement corrélée à celle des automobiles qui les côtoient. Signalons d'ailleurs que les autobus disposent de voies réservées aux endroits les plus névralgiques du réseau. Compte tenu de ces considérations et des constats de l'étude antérieure[25], la présente étude ne prendra pas en compte les retards aux usagers des autobus.

1.2.2 Coût des retards

Les personnes en situation de travail (rendez-vous d'affaires, chauffeurs salariés, etc.) lors de leurs déplacements sur le réseau routier sont celles dont la valeur du temps est la plus élevée[26].

Nous proposons d'utiliser des classes basées sur le revenu individuel afin d'attribuer une valeur au temps. Dans cette perspective, c'est le salaire brut de l'individu, augmenté des contributions de l'employeur, qui reflète la valeur de la productivité marginale.

À partir de l'Enquête origine-destination, il est possible d'associer à chaque déplacement une tranche de revenu correspondante pour celui qui l'effectue[27]. Cette donnée est tirée du Recensement de 1996 et porte sur les revenus de travail de l'année 1995. Nous avons donc défini six tranches de revenus pour lesquelles nous calculons une valeur horaire du temps en suivant la procédure suivante :

---

[23] Camion régulier : véhicule dont la longueur varie de 6 à 12 mètres. Ce sont surtout des camions porteurs, à une unité.

[24] Camion lourd : véhicule dont la longueur est de 12 mètres ou plus. Ce sont surtout des camions semi-remorques, à deux unités ou plus.

[25] L'étude de 1997 sur la congestion estimait la congestion subie par les usagers de l'autobus de façon proportionnelle à l'augmentation de temps subie par les automobilistes, malgré les problèmes inhérents à cette façon de faire. L'étude concluait que les retards subis par les transports en commun (passagers et chauffeurs) avaient une valeur de 2,4 M$, soit 0,5 % du coût socio-économique total de 502 M$ estimé à l'époque.

[26] Les personnes en situation de travail représentent 6,8 % des conducteurs à la période de pointe du matin.

[27] Chaque déplacement est associé à un ménage et chaque ménage appartient à un secteur de recensement auquel correspond un revenu de travail moyen tiré du Recensement 1996.

1. Détermination du revenu individuel moyen de la classe[28,] puis indexation à l'aide de l'indice d'augmentation du revenu moyen total entre 1995 et 1998. Cet indice est de 1,08627 pour Montréal selon Statistique Canada.

Tableau 2 Détermination du revenu moyen associé à chaque classe

Les tranches de revenus en 1995	Revenu de travail aux fins de calcul	Revenu indexé ($1998)
Moins de 20 000 $	8 960$	9 732 $
20 000 $ à 24 999 $	22 500 $	24 441 $
25 000 $ à 29 999 $	27 500 $	29 872 $
30 000 $ à 34 999 $	32 500 $	35 303 $
35 000 $ à 39 999 $	37 500 $	40 735 $
40 000 $ et plus	59 062$	64 157 $

2. Calcul de la contribution de l'employeur en tenant compte des éléments de la parafiscalité de 1998.
3. Détermination des heures moyennes travaillées en 1998 par l'ensemble des travailleurs du Québec.
4. Calcul de la valeur horaire du temps de travail associé à chaque classe.

Le tableau 3 fournit, par classe de revenu, les calculs détaillés de la valeur horaire du temps de **travail**.

[28] À l'intérieur de chaque classe, mis à part les deux classes extrêmes, nous avons supposé que la distribution est uniforme et avons choisi de prendre le point milieu de la classe comme approximation du salaire moyen de la classe. Pour les classes inférieures et supérieures (moins de 20 000 $ et plus de 40 000 $) un calcul de la valeur moyenne été réalisé à partir des classes de revenus désagrégées du recensement.

Tableau 3 Calcul de la valeur horaire du temps de déplacement pour le motif travail pour l'année 1998

Revenu d'emploi ($/an)	Contribution de l'employeur en 1998						Valeur totale ($)	Heures travaillées /an	Valeur horaire ($)
	RRQ	FSS	CNT	CSST	AE	Coût total			
9732	199	389	8	56	368	1021	10 753	1665	6,46
24 441	670	978	20	142	924	2733	27 174	1665	16,32
29 872	844	1195	24	173	1129	3365	33 237	1665	19,96
35 303	1018	1412	28	205	1334	3997	39 300	1665	23,60
40 735	1069	1629	33	236	1474	4441	45 176	1665	27,13
64 157	1069	2566	43	293	1474	5445	69 602	1665	41,80

RRQ : Régime des rentes du Québec
FSS : Fonds des services de santé
CNT : Commission des normes du travail
CSST : Commission de la santé et de la sécurité du travail
AE : Assurance-emploi
Sources : Agence des douanes et du revenu du Canada, *Tables de retenues sur la paie : Retenues aux fins de l'AE et de l'impôt sur le revenu, Québec*. Ministère du Revenu du Québec, *Guide de l'employeur : Retenues à la source et cotisations.*

C'est à partir de ces données que sont ensuite établies les valeurs horaires pour les autres motifs de déplacement, à savoir :

- les déplacements vers le lieu de travail ou **navettage**;
- ceux vers le lieu d'**études**;
- et ceux à toute **autre** fin (loisirs, magasinage, retour au domicile, etc.).

À la période de pointe du matin, la majorité des usagers du réseau routier (73 % des conducteurs) font la navette entre leur domicile et leur lieu de travail ; on les appelle les navetteurs. Un autre groupe important fait le déplacement domicile-lieu d'études; il représente la majorité (52 %) des passagers d'automobile.

La valeur horaire d'un déplacement pour motif *autre* correspond au revenu horaire net des travailleurs. Nous avons donc calculé le revenu net en soustrayant du revenu brut les impôts et les contributions fiscales pour chacun des revenus moyens. Ces taux d'impôts ne pouvant pas être calculés de façon détaillée, nous avons utilisé des taux moyens. Le tableau suivant décrit le calcul du revenu horaire net pour chacune des six classes de revenus.

Tableau 4 Calcul de la valeur horaire du revenu net (motif autre)

Revenu d'emploi moyen de la classe ($)	Taux d'impôt combiné	Complément du taux d'impôt	Heures travaillées /an	Valeur horaire du revenu net ($)
9732	0,05	0,95	1665	5,55
24 441	0,24	0,76	1665	11,21
29 872	0,26	0,74	1665	13,24
35 303	0,29	0,71	1665	15,05
40 735	0,31	0,69	1665	16,81
64 157	0,38	0,62	1665	24,04

La valeur horaire d'un déplacement pour les *navetteurs* est la moyenne entre la valeur horaire du travail (affaires) et celle du motif *autre*, puisque les pertes de temps peuvent empiéter à la fois sur le temps de travail et sur le temps de loisir.

Finalement, pour le motif *études*, la valeur horaire moyenne du temps est fixée à 25 % de celle d'un travailleur.

Le tableau 5 ventile les valeurs horaires des 24 combinaisons revenu-motif. En comparant les valeurs obtenues avec celles utilisées dans la littérature, on conclut que la valeur du temps pour les motifs travail et études est adéquate, ainsi que la valeur du temps des navetteurs domicile-travail. Par contre, la valeur du temps pour le motif autre semble élevée, quoique conforme à la théorie microéconomique de détermination de la valeur des heures de travail et de loisir.

Pour la valeur horaire du temps des déplacements en camion, nous utilisons 28,90 $ pour les camions lourds et 26,50 $ pour les camions réguliers. Ces valeurs sont obtenues en multipliant le salaire horaire moyen d'un camionneur par un facteur d'ajustement tenant compte des avantages sociaux, puis en additionnant les valeurs horaires attribuables à la perte de productivité liée à l'utilisation d'un camion en période de congestion et au délai de livraison pour la charge transportée. Le tableau 6 présente les valeurs des variables et des paramètres nous permettant d'arriver à ces résultats. Cette méthode est tirée des études de Waters[29] menées pour le ministère des Transports de la Colombie-Britannique.

[29] W.G. WATERS, *The Value of Travel Time in British Columbia: Compendium of Technical Reports*, British Columbia Ministry of Transportation, 1994.

Tableau 5 Valeurs du temps ($/heure) des individus par classe de revenu et selon le motif de déplacement pour l'année 1998

Classe de revenu en 1995	Travail (affaires)	Navettage domicile-travail	Autre	Études
moins de 20 000 $	6,46	6,00	5,55	1,61
20 000 $ à 24 999 $	16,32	13,77	11,21	4,08
25 000 $ à 29 999 $	19,96	16,60	13,24	4,99
30 000 $ à 34 999 $	23,60	19,33	15,05	5,90
35 000 $ à 39 999 $	27,13	21,97	16,81	6,78
40 000 $ et plus	41,80	32,92	24,04	10,45

Tableau 6 Paramètres et valeur du temps pour les déplacements de camions

Type de camion	Salaire horaire moyen d'un camionneur au Québec en 1998[30]	Facteur d'ajustement du salaire	Productivité du camion	Délai de livraison	Valeur horaire
Camion régulier	16,71 $	1,52	0,60 $/h	0,50 $/h	26,50 $/h
Camion lourd	16,71 $	1,58	1,50 $/h	1,00 $/h	28,90 $/h

Précisons que l'ensemble de ces valeurs du temps constitue un jeu d'hypothèses parmi d'autres qui pourraient être utilisées. Elles sont néanmoins représentatives de l'état de l'art dans le domaine de l'analyse des projets de transport.

1.2.3 Coûts attribuables aux émissions polluantes des véhicules

On sait qu'un véhicule qui circule à 20 km/h sur une autoroute congestionnée fonctionne à un régime de moteur qui est moins efficace que s'il circulait à 60 km/h (seuil de la congestion pour une autoroute dont la vitesse à écoulement libre est de 100 km/h); pour parcourir une même distance, la combustion du carburant est alors accrue, ainsi que l'émission de polluants atmosphériques. Pour chaque lien routier congestionné, les émissions supplémentaires attribuables à la congestion correspondent donc à la différence entre les émissions estimées par le MOTREM à la vitesse de la période de pointe du matin (ex. : 20 km/h) et celles qu'on obtiendrait au seuil de congestion (ex. : 60 km/h)[31].

[30] STATISTIQUE CANADA, *Emploi, gains et durée du travail*, catalogue n° 72-002-XPB.
[31] L'optimum environnemental se situerait entre 50 et 90 km/h, selon les polluants.

Les émissions de polluants atmosphériques des véhicules à moteur qui caractérisent l'impact des transports sur la qualité de l'air sont les suivants : les oxydes de soufre (SO_x), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils (COV), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les hydrocarbures (HC), les particules de matière (PM), le méthane (CH_4) et le monoxyde de carbone (CO).

Outre les polluants atmosphériques, les véhicules à moteur produisent également des gaz à effet de serre, principalement le gaz carbonique, CO_2. Les émissions de CO_2 sont directement liées à la consommation de carburant.

La procédure utilisée par le ministère des Transports du Québec pour estimer les émissions des véhicules à moteur dans le contexte du MOTREM se base sur le modèle MOBILE6[32]. Ce modèle est distribué par l'Environment Protection Agency, un organisme du gouvernement américain.

Le MTQ a dérivé des taux d'émission de base par type de véhicule (camion régulier, camion lourd, automobile[33]) et par classe de vitesse (tranches de 5 km/h, de 0 à 105 km/h) en fonction des caractéristiques du parc de véhicules de la grande région de Montréal[34].

La valeur économique des émissions de polluants atmosphériques fait l'objet de recherches constantes. Bell[35] a réalisé un exercice de compilation et de calcul de la valeur médiane pour diverses émissions à partir d'une revue de 37 rapports de recherche et de valeurs utilisées par diverses instances gouvernementales américaines[36]. Le ministère des Transports du Québec, aux fins des analyses avantages-coûts des projets de transport, utilise ces valeurs[37]. Le tableau 7 en fournit un résumé pour plusieurs composants, ainsi que le nombre de valeurs qui ont servi à établir la médiane.

---

[32] La version 6.2 est la plus récente. Voir : http://www.epa.gov/otaq/m6.htm.

[33] MOBILE6 reconnaît 16 classes de véhicules. Elles ont été agrégées de façon pondérée dans les 3 classes du MOTREM (automobiles, camions réguliers, camions lourds).

[34] André BABIN, *Modèle d'émission des polluants et des GES et modèle de consommation des carburants pour MOTREM*, Document de travail, MTQ, Service de la modélisation des systèmes de transport, octobre 2003, 78 p.

[35] Kevin BELL, *Valuing Emissions from Germiston Generating Project*, Convergence Research, Seattle, 1994.

[36] Les méthodes d'estimation des valeurs économiques des émissions polluantes et du CO2 sont variées; certaines se basent sur les coûts de dépollution, d'autres sur les coûts de santé ou le consentement à payer. C'est pourquoi les valeurs obtenues couvrent une gamme étendue.

[37] Jacqueline DESROSIERS, *Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport*, MTQ-Service de l'économie et du plan directeur en transport, janvier 2001, p. 68.

Tableau 7 Coût médian de certaines émissions ($US de 1990)

	CO_2	CO	HC	NO_x	SO_x	PM
$/tonne courte	20	907	3300	4209	1793	2496
Nombre de valeurs	26	6	15	36	34	36

Adapté de Convergence Research, 1994 in Litman, 1995

Nous utilisons ces valeurs pour la présente étude. Elles sont transposées en dollars canadiens pour l'année qui nous intéresse, 1998, dans le tableau 8.

Tableau 8 Coût médian de certaines émissions

	CO_2	CO	HC	NO_x	SO_x	PM
$US 1990 /tonne courte	20	907	3300	4209	1793	2496
$CAN 1990 /tonne courte	23,34	1058	3850	4911	2092	2912
$CAN 1998 /tonne courte	27,19	1233	4486	5721	2437	3393
$CAN 1998 /tonne métrique	29,97	1359	4945	6307	2687	3740

Adapté de Convergence Research, 1994 in Litman, 1995. Le dollar US valait 1,16667 $CAN en 1990, et le $CAN de 1990 valait 1,165 $CAN en 1998. La tonne métrique est équivalente à 1,1023 tonne courte.

1.2.4 Coût du carburant

Pour tous les liens routiers congestionnés, le carburant consommé à cause de la congestion correspond à la différence entre la consommation à la vitesse simulée et la consommation à la vitesse du seuil de congestion.

Une série de taux de consommation ont été dérivés par type de carburant, par type de véhicule et par vitesse. Ces taux tiennent également compte de l'année afin de prendre en considération la composition du parc de véhicules (distribution des années de production des véhicules). La composition de ce parc dans la grande région de Montréal a été établie à partir des données de la SAAQ.

MOBILE6 ne tient compte que de consommations moyennes par type de véhicule, mais nous avons calculé des facteurs de correction en fonction du type de route (autoroute ou artère) et de la vitesse (5, 10, 15 … 105 km/h) à partir des données des relevés des voitures « flottantes » effectués dans la grande région de Montréal et de tableaux de consommation instantanée de carburant selon la vitesse et l'accélération[38].

La valeur du carburant supplémentaire consommé à cause de la congestion est obtenue en multipliant la quantité totale de carburant par le prix moyen du carburant, sans les taxes. Le prix moyen du litre d'essence ordinaire en 1998 dans la région de Montréal, avant taxes, était de 0,221 $. Le prix du litre de carburant diesel était de 0,303 $[39].

1.2.5 Coûts attribuables aux gaz à effet de serre

Pour tous les liens routiers congestionnés, le coût des gaz à effet de serre attribuable à la congestion est la différence entre la valeur des gaz produits à la vitesse simulée et la valeur des gaz produits à la vitesse du seuil de congestion.

Les principaux gaz à effet de serre émis par les véhicules sont le CO_2, le CH_4 et le N_2O, mais MOBILE6 n'estime que les émissions de CO_2. On connaît cependant les taux respectifs de CO_2, de CH_4 et de N_20 qui sont produits par les différents types de catalyseurs installés sur les véhicules[40]. On peut donc estimer la production de CH_4 et de N_20 à partir de la production de CO_2. On regroupe ensuite ces trois gaz à effet de serre en calculant la quantité d'équivalent CO_2, sachant que les potentiels de réchauffement planétaire du CH_4 et du N_2O sont les suivants :

1 g de CH_4 équivaut à 21 g de CO_2 ;
1 g de N_2O équivaut à 310 g de CO_2 [41].

MOBILE6 n'estime qu'une émission moyenne de CO_2, sans tenir compte du type de route ou de la vitesse. Les facteurs de correction de la consommation de carburant décrits en 1.2.4 ont été appliqués pour obtenir des taux d'émission par type de route et par vitesse, puisque les émissions de CO_2 sont fortement corrélées avec la consommation de carburant.

On estime finalement le coût total des GES attribuables à la congestion en multipliant la quantité de GES en équivalent CO_2 par le coût unitaire de 29,97 $/tonne, tel qu'il est indiqué au tableau 8.

---

[38] Ces tableaux ont été fournis par l'Oak Ridge National Laboratory (É.-U.).
[39] D'après monsieur Pierre Filion, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec.
[40] Tableau D-5, *Inventaire canadien des gaz à effet de serre 1990-2000*, Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, juin 2002
[41] Tableau S-1, *op. cit.*

1.2.6 Coûts d'utilisation des véhicules, carburant exclu

Pour tous les liens routiers congestionnés, le coût supplémentaire d'utilisation attribuable à la congestion est la différence entre le coût d'utilisation à la vitesse simulée et celui à la vitesse du seuil de congestion. Ce coût exclut le retard subi par les chauffeurs ou conducteurs.

Le coût d'utilisation des véhicules est estimé à l'aide d'un modèle qui a été mis au point par Bein *et al.* pour le ministère des Transports et des Routes de la Colombie-Britannique[42]. Le modèle de la Colombie-Britannique s'appuie sur le modèle HDM-III[43] pour les coûts d'utilisation des véhicules et sur le modèle ARFCOM[44] pour la consommation de carburant. Les courbes britanno-colombiennes estiment des coûts d'utilisation pour les automobiles, les camions réguliers et les camions lourds, en fonction de la vitesse. Elles ne distinguent toutefois pas la circulation sur autoroute de la circulation sur artère, les arrêts et les départs étant plus fréquents sur ces dernières. Les formules mises au point pour les conditions de circulation contrainte (*impeded flow*), qui nous intéressent parce qu'elles correspondent à la congestion, sont qualifiées de « préliminaires » par leurs auteurs. Elles s'appliquent à des vitesses moyennes sur les liens de 20 km/h et plus.

Les formules de Bein *et al.* intègrent les coûts attribuables à la consommation de carburant et d'huile, à l'usure des pneus et autres pièces. Elles renvoient à des prix du marché de 1991 en Colombie-Britannique pour ces différents intrants. Puisque nous pouvons obtenir la consommation de carburant à partir de MOBILE6, nous avons soustrait des formules de la Colombie-Britannique la composante de la consommation de carburant (ARFCOM)[45]. Les coûts résultants ont été actualisés à l'aide de l'indice des prix à la consommation pour tenir compte de l'inflation[46], puis détaxés[47].

---

[42] Peter BEIN, *et al.*, *British Columbia Vehicle Operating Costs*, Highway Planning and Policy Branch, British Columbia Ministry of Transportation and Highways, December 1996, 55 p.

[43] HDM signifie Highway Development & Management. C'est un modèle mis au point par la Banque mondiale et l'Association mondiale de la Route. Il en est maintenant à la version 4. Voir : http://hdm4.piarc.org/

[44] ARFCOM : Australian Road Research Board Road Fuel Consumption Model. Voir: D.C. BIGGS, *ARFCOM - Models for Estimating Light to Heavy Vehicle Fuel Consumption*, ARRB Transport Research Ltd., December 1988.

[45] Les courbes de consommation de carburant font référence au parc de véhicules de 1995. L'essence coûtait 0,51 $/litre en 1991 en C.-B. et le carburant diesel 0,35$/litre (prix du marché).

[46] Les prix dans la RMR de Montréal ont augmenté d'un facteur de 1,086 entre 1991 et 1998 selon Statistique Canada

[47] La taxe de vente en Colombie-Britannique est de 7,5 % et la TPS est de 7 %, pour un total de 15,025 %.

La figure suivante illustre les courbes résultantes pour les automobiles, les camions réguliers et les camions lourds.

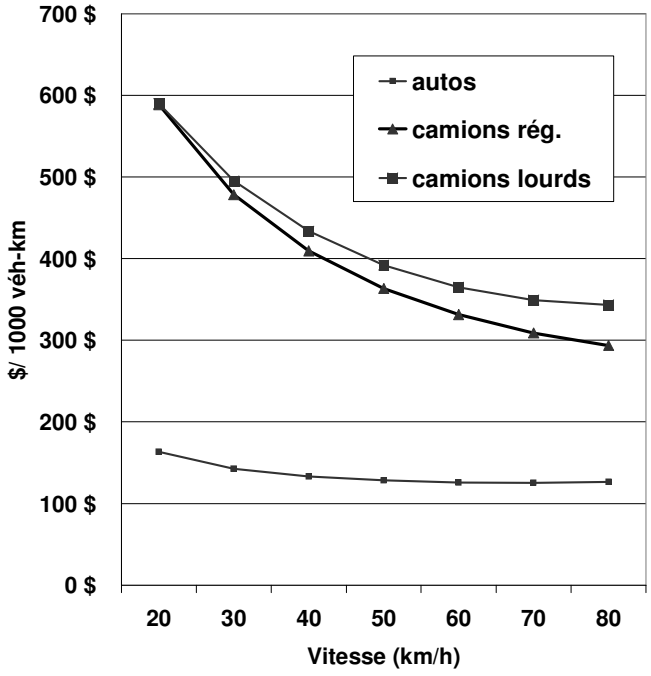


Figure 4 Coûts d'utilisation des véhicules en fonction de la vitesse en conditions de congestion, sans le coût du carburant, $1998

2. ÉTENDUE ET COÛTS DE LA CONGESTION À MONTRÉAL

Ce chapitre décrit les résultats de l'application à Montréal de la méthode proposée au chapitre 1. La première partie explique comment les données de base ont été tirées du MOTREM 98[48]. La seconde partie du chapitre dresse un portrait général de la congestion routière à Montréal. La troisième partie détaille les coûts socio-économiques attribuables à la congestion. Finalement, la quatrième partie discute du coût de la congestion pour les entreprises.

2.1 Données de base tirées du MOTREM 98

2.1.1 Le territoire couvert

Le territoire couvert par le MOTREM 98 est celui de l'Enquête origine-destination 1998[49]. L'enquête O-D 1998 couvrait 100 municipalités où vivaient près de 3,5 M de personnes, selon le Recensement de 1996, sur un territoire de 5400 km^2. Le territoire de l'enquête O-D 1998 est un peu plus grand que celui de la région métropolitaine de recensement (RMR) de Montréal. On peut donc affirmer que le MOTREM 98 couvre l'ensemble des secteurs de l'agglomération de Montréal susceptibles d'être affectés par une congestion routière récurrente.

La figure 5 illustre le découpage du territoire en 6 sous-régions géographiques :

1. Montréal;
2. Rive-Sud immédiate[50];
3. Laval;
4. Couronne sud;
5. Couronne nord;
6. Extérieur du territoire.

[48] MOTREM 98 : Modèle de transport de la région de Montréal, version 1998.
[49] Voir : http://www.cimtu.qc.ca/EnqOD/Index.asp
[50] Ce territoire correspondait en 1998 à celui de la Société de transport de la Rive-Sud de Montréal.

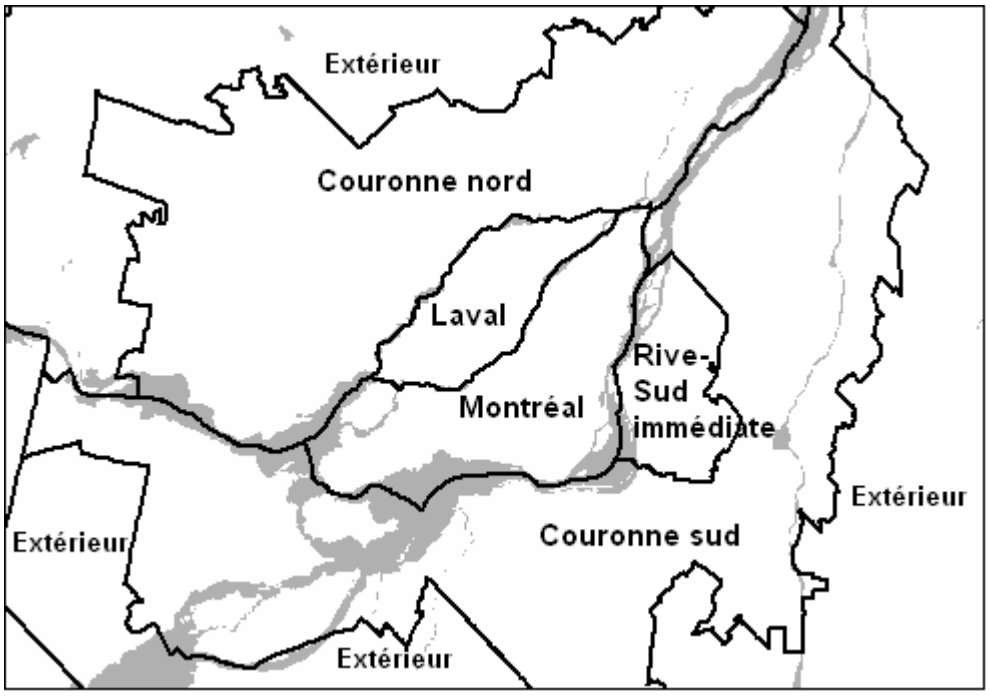


Figure 5 Découpage du territoire à l'étude

2.1.2 Période modélisée et annualisation

Tel qu'il a été indiqué au chapitre précédent, le calcul des retards subis par les usagers du réseau routier a été tiré des résultats des simulations réalisées à l'aide du MOTREM 98[51]. Ce modèle reproduit les débits et les vitesses sur le réseau routier pour la période de pointe du matin (6 h à 9 h) d'une journée ouvrable moyenne de l'automne 1998, soit la période pendant laquelle a été effectuée l'Enquête origine-destination. Le MOTREM 98 permet donc d'estimer le retard total attribuable à la congestion *récurrente* pendant la période de pointe du matin.

[51] Pour une description générale du MOTREM, voir : Pierre TREMBLAY, *Survol technique du modèle de transport de la région de Montréal*, Service de la modélisation des systèmes de transport, MTQ, septembre 2002, 34 p.

Pour estimer le retard total d'une journée type causé par la congestion récurrente, on multiplie tout simplement par deux les résultats de la période de pointe du matin, bien que l'on soupçonne que les retards soient plus importants à la période de pointe du soir, puisque la demande y est plus importante. Finalement, pour estimer le retard annuel subi par les usagers, on multiplie le retard quotidien par 250, ce qui correspond à peu près au nombre de jours ouvrables durant l'année. Implicitement, on ne tient pas compte de la congestion pouvant survenir en dehors des périodes de pointe ou durant les jours non-ouvrables.

2.1.3 Catégories de véhicules et de personnes modélisés

Le MOTREM 98 est alimenté par la demande de déplacements auto-conducteur extraite de l'enquête O-D 1998. Toutefois, les passagers des automobiles sont eux aussi affectés par la congestion. Un fichier des déplacements auto-passager a été constitué afin de produire une estimation du taux d'occupation des automobiles sur chaque lien routier. Pour une même origine et une même destination, les déplacements des passagers se sont vus attribuer les mêmes itinéraires que ceux des conducteurs.

Par ailleurs, le modèle de simulation du réseau routier de Montréal ne compte que trois catégories de véhicules : les automobiles, les camions réguliers et les camions lourds. La demande pour la catégorie automobile est extraite directement de l'enquête O-D 1998. On y ajoute une matrice des déplacements provenant de l'extérieur du territoire estimée à partir des comptages de circulation. La demande de déplacements de camions est estimée à partir de comptages effectués durant l'automne 1998 et de diverses enquêtes antérieures. Les fichiers de demande utilisés recensent 970 000 déplacements auto-conducteur, 240 000 déplacements auto-passager, 31 000 déplacements de camions réguliers et 14 000 déplacements de camions lourds.

2.1.4 Catégories de routes modélisées

Le MOTREM 98 est destiné à simuler des projets dans un contexte d'analyse de portée régionale. Toutes les autoroutes, artères et collectrices y sont donc représentées, mais la grande majorité des rues locales n'y sont pas[52], comme on peut le voir à la figure 6. Cette figure représente le réseau modélisé d'un quartier résidentiel de la rive sud, avec en trame de fond l'ensemble du réseau routier du quartier, dont une majorité de rues locales. Les origines et les destinations des déplacements sont représentées par des centroïdes de zones

[52] Compte tenu du taux d'échantillonnage de 4,6 % de l'Enquête origine-destination 1998, il serait futile de modéliser les rues locales. Par ailleurs, les rues locales servent essentiellement à accéder aux propriétés adjacentes et elles sont très rarement congestionnées.

(carrés verts sur la figure 6). La mosaïque formée par les 1400 zones du modèle couvre l'ensemble du territoire. Les centroïdes sont reliés au réseau routier par des liens fictifs appelés liens d'accès (en vert sur la figure 6). Les liens d'accès représentent les rues locales.

Puisque la plupart des rues locales ne sont pas modélisées, l'affectation de la demande sur le réseau simplifié du MOTREM tend à surcharger certaines collectrices qui deviennent artificiellement congestionnées. C'est pourquoi seuls les tronçons congestionnés des autoroutes et artères ont été retenus pour analyse. Il est possible que le niveau de congestion soit ainsi légèrement sous-estimé.

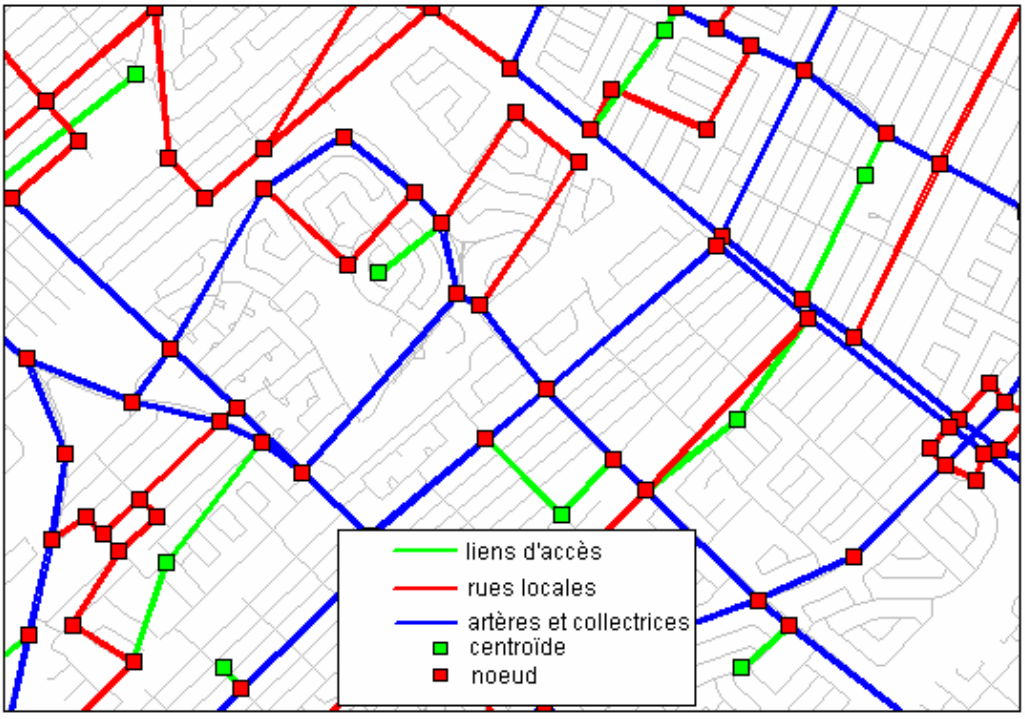


Figure 6 Modélisation du réseau routier d'un quartier résidentiel typique

2.2 La congestion en 1998

La figure 7 montre qu'en période de pointe du matin (6 h-9 h) on trouve des liens congestionnés (selon le seuil de congestion défini à la section 1.1.3) dans chacune des sous-régions du territoire. Il faut cependant garder à l'esprit que, dans presque tous les cas, seule l'une des deux directions d'un segment de route est congestionnée. Les liens congestionnés illustrés n'engendrent pas nécessairement la formation de longues files d'attente; tout dépend de la demande et de la capacité des liens congestionnés[53].

La plupart des segments de routes congestionnés se trouvent sur l'île de Montréal, et plus particulièrement dans le secteur central formé par les axes Pie-IX, autoroute Métropolitaine, autoroute Décarie et autoroute Ville-Marie–boulevard Notre-Dame (encadré par un trait pointillé noir). À l'intérieur de ce quadrilatère, il y a un nombre important d'artères congestionnées. Tel que l'on peut s'y attendre, la plupart des ponts donnant accès à l'île de Montréal, tant artériels qu'autoroutiers, se trouvent congestionnés à la période de pointe du matin en direction de Montréal.

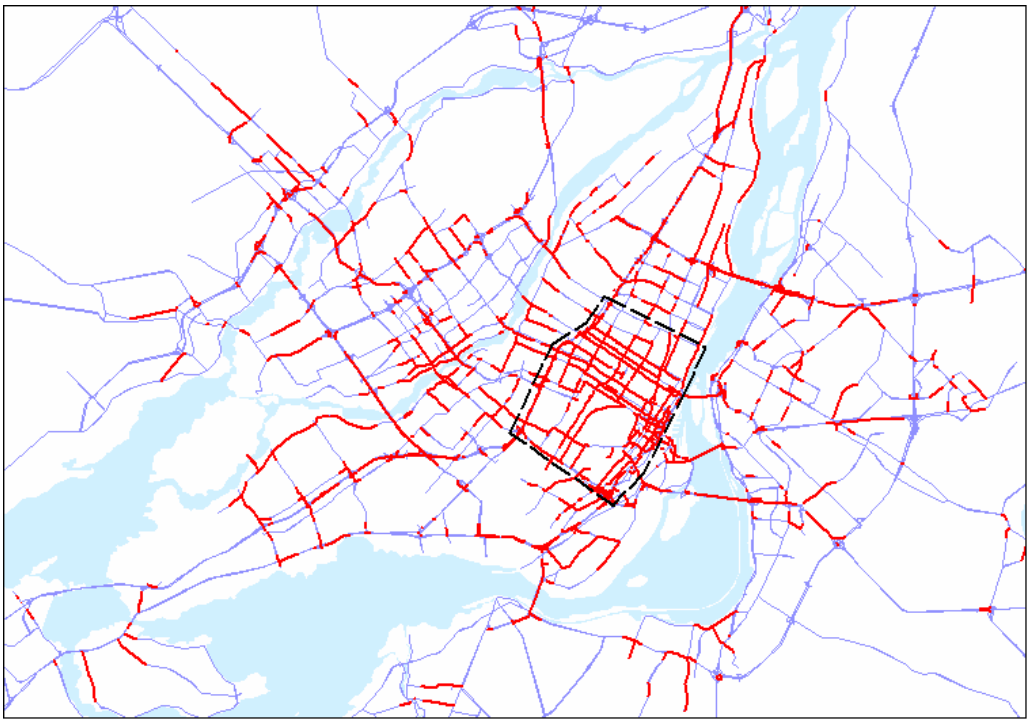


Figure 7 Autoroutes et artères congestionnées à la période de pointe du matin de l'automne 1998 dans la grande région de Montréal

[53] Une illustration des files d'attente telles qu'elles se forment en présence de congestion récurrente renvoie donc une image forcément différente de la figure 7.

Les deux prochaines sections examinent diverses facettes de la congestion. La section 2.2.1 examine l'encombrement du réseau routier à l'aide de divers indicateurs spatialisés. La section 2.2.2 examine les retards du point de vue de l'usager.

2.2.1 Encombrement du réseau routier

Le tableau 9 illustre quelques facettes de la congestion à l'aide d'une série d'indicateurs ventilés par sous-région et par catégorie de route.

La première partie du tableau traite de l'offre routière et de l'étendue de la congestion sous l'angle des voies-kilomètres[54]. Dans l'ensemble de la région, les artères comptent pour 63 % des voies-kilomètres. Les artères dominent dans chaque sous-région, et leur part atteint un sommet à Montréal (72 %) où la trame urbaine est généralement plus ancienne. Sur l'ensemble du territoire, la congestion ne touche que 9 % des voies-kilomètres d'autoroutes et 16 % des voies-kilomètres d'artères. Il n'y a donc qu'un nombre limité de segments routiers de la région affectés par la congestion, mais ils sont près de trois fois plus nombreux sur les artères que sur les autoroutes (1068 voies-km vs 369 voies-km).

[54] Obtenu en multipliant la longueur de chaque segment de route par le nombre de voies qu'il comporte. Par exemple, un segment de 3 km d'une artère à six voies représente 18 voies-km.

Tableau 9 Encombrement du réseau routier par type de route et par sous-région, pour la période de pointe du matin (6 h-9 h), 1998

Voies-kilomètres totaux et congestionnés																		
	Montréal			**Rive-Sud immédiate**			**Laval**			**Couronne sud**			**Couronne nord**			**Total**		
	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%
Autoroutes	981	211	22 %	498	51	10 %	464	64	14 %	1118	8	1 %	847	34	4 %	3909	369	9 %
Artères	2466	740	30 %	573	64	11 %	632	86	14 %	1546	96	6 %	1359	83	6 %	6576	1068	16 %
Total	3447	951	28 %	1070	115	11 %	1097	150	14 %	2664	104	4 %	2207	117	5 %	10 485	1437	14 %
Véhicules-kilomètres totaux et congestionnés (milliers)																		
	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%
Autoroutes	3382	1111	33 %	1334	285	21 %	1086	346	32 %	1595	38	2 %	1824	182	10 %	9221	1962	21 %
Artères	2337	1012	43 %	349	74	21 %	392	111	28 %	852	115	14 %	709	95	13 %	4639	1406	30 %
Total	5719	2123	37 %	1683	358	21 %	1478	457	31 %	2447	154	6 %	2532	277	11 %	13 860	3368	24 %
Véhicules-heures totaux et véhicules-heures de retard																		
	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%	Total	Cong.	%
Autoroutes	65 632	20 753	32 %	26 256	10 230	39 %	20 345	6147	30 %	18 071	1829	10 %	21 907	2133	10 %	152 212	41 091	27 %
Artères	83 201	25 325	30 %	8868	1425	16 %	11 235	2223	20 %	17 055	1987	12 %	14 256	1432	10 %	134 614	32 392	24 %
Total	148 833	46 078	31 %	35 124	11 655	33 %	31 579	8370	27 %	35 126	3816	11 %	36 163	3565	10 %	286 826	73 484	26 %
Autres indicateurs																		
	Véh-km/ voie-km	Véh-km cong/voie-km	Véh-h cong/1000 véh-km	Véh-km/ voie-km	Véh-km cong/voie-km	Véh-h cong/1000 véh-km	Véh-km/ voie-km	Véh-km cong/voie-km	Véh-h cong/1000 véh-km	Véh-km/ voie-km	Véh-km cong/voie-km	Véh-h cong/1000 véh-km	Véh-km/ voie-km	Véh-km cong/voie-km	Véh-h cong/1000 véh-km	Véh-km/ voie-km	Véh-km cong/voie-km	Véh-h cong/1000 véh-km
Autoroutes	3446	1132	6,14	2681	572	7,67	2340	745	5,66	1427	34	1,15	2152	215	1,17	2359	502	4,46
Artères	948	411	10,84	609	129	4,09	619	175	5,68	551	75	2,33	522	70	2,02	705	214	6,98
Total	1659	616	8,06	1572	335	6,93	1348	416	5,66	919	58	1,56	1148	125	1,41	1322	321	5,30

Cependant, comme on l'a vu à la figure 7, la congestion est très inégalement distribuée sur le territoire, et l'île de Montréal en supporte la plus grande partie : 22 % des voies-kilomètres d'autoroutes et 30 % des voies-kilomètres d'artères y sont congestionnés, représentant respectivement 57 % et 69 % du total régional des voies-kilomètres congestionnés. La sous-région la moins affectée est la couronne sud, où à peine 1 % des voies-kilomètres d'autoroutes et seulement 6 % des voies-kilomètres d'artères sont congestionnés.

La couronne nord fait presque aussi bien, puisque seulement 4 % de ses voies-kilomètres d'autoroutes sont congestionnés. Somme toute, la congestion est géographiquement concentrée sur l'île de Montréal, et elle touche particulièrement le réseau artériel.

La seconde partie du tableau 9 mesure l'intensité de la congestion en termes de véhicules-kilomètres[55]. Les pourcentages y sont plus importants parce que la distribution de la circulation sur le territoire et sur le réseau est inégale. Pour l'ensemble du territoire, on note que 21 % des véhicules-kilomètres sur autoroute sont effectués en période de congestion. Ce pourcentage atteint 33 % sur l'île de Montréal, ce qui apparaît important. Les artères de Montréal sont très touchées par la congestion; 43 % des véhicules-kilomètres y sont effectués en situation de congestion. En termes absolus, les 1 012 000 véhicules-kilomètres congestionnés sur les artères de Montréal représentent 72 % du total de l'ensemble du territoire. La couronne sud et la couronne nord s'en tirent très bien, avec seulement 6 % et 11 % respectivement des véhicules-kilomètres congestionnés, pour les deux catégories de liens routiers.

La troisième partie du tableau 9 mesure l'intensité de la congestion en termes de véhicules-heures de retard[56]. Cet indice est particulièrement important parce qu'il est à la base de la mesure du coût de la congestion. Les pourcentages de véhicules-heures congestionnés sont relativement élevés à Montréal (31 %), sur la Rive-Sud immédiate (33 %) et à Laval (27 %).

En termes absolus, la plus grande partie de la congestion se produit sur le réseau de Montréal où les 46 078 véhicules-heures de congestion représentent 63 % du total régional. À Montréal, il y a plus de congestion sur les artères (25 325 heures) que sur les autoroutes (20 753 heures)[57]. La congestion sur les artères de Montréal représente à elle seule 34 % de toute la congestion régionale.

---

[55] Obtenu en multipliant le débit de véhicules (6 h-9 h) par la longueur du segment de route.

[56] Obtenu en multipliant le débit de véhicules (6 h-9 h) de chaque segment de route par le temps supplémentaire qu'il faut pour le parcourir, au-delà du seuil de 60 % de la vitesse à écoulement libre.

[57] Le nombre de véhicules-heures totaux est plus élevé sur le réseau artériel (83 201) que sur le réseau autoroutier (65 632). En termes relatifs, le réseau autoroutier de Montréal est un peu plus congestionné (32 %) que le réseau artériel (30 %).

L'importance relative de la congestion sur le réseau de la Rive-Sud immédiate reflète l'intensité de la congestion aux approches des ponts Champlain, Victoria, Jacques-Cartier et Louis-Hippolyte-La Fontaine, dont deux sont des ponts artériels (Victoria et Jacques-Cartier).

La figure 8 illustre la répartition du fardeau de la congestion entre les cinq sous-régions et met en relief la situation particulière de Montréal. Montréal supporte 41 % des véhicules-kilomètres totaux, mais sa part des véhicules-kilomètres effectués en situation de congestion atteint 63 %, soit presque les deux tiers du total régional. La situation est un peu moins contrastée en ce qui concerne les véhicules-heures : Montréal supporte 52 % des véhicules-heures totaux et 63 % des véhicules-heures congestionnés. À l'opposé, les couronnes nord et sud ont une part des véhicules-kilomètres et des véhicules-heures totaux bien supérieure à leur part des véhicules-kilomètres et véhicules-heures congestionnés.

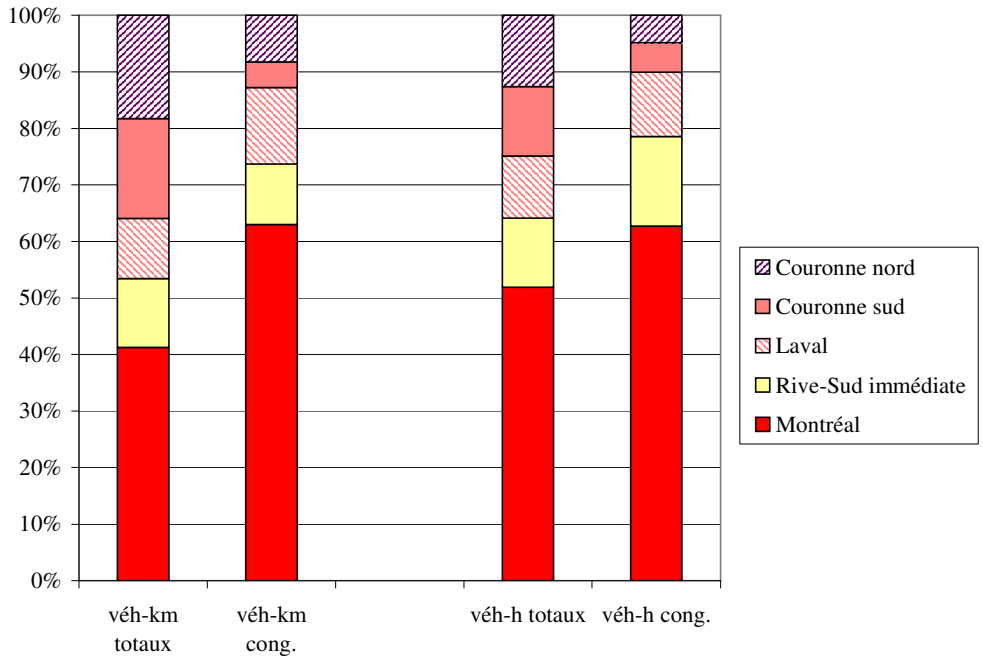


Figure 8 Répartition du fardeau régional de la congestion, véhicules-kilomètres et véhicules-heures, par sous-région

Finalement, la quatrième partie du tableau 9 illustre trois autres indicateurs pour chaque catégorie de route et chaque sous-région, dont le degré de sollicitation du réseau, tel qu'il a été mesuré en véhicules-kilomètres/voie-kilomètre. On constate à quel point le réseau autoroutier de Montréal est chargé à la période de pointe du matin, avec près de 3500 véhicules-kilomètres/voie-kilomètre[58], loin devant la Rive-Sud immédiate (2700) et Laval (2300). Un autre indicateur mesure l'intensité de la congestion en véhicules-heures en congestion par 1000 véhicules-kilomètres. C'est sur la Rive-Sud immédiate qu'on trouve le réseau autoroutier le plus touché avec 7,7 véhicules-heures en situation de congestion sur 1000 véhicules-kilomètres. C'est cependant sur les artères de Montréal qu'on trouve le taux le plus élevé : 10,8 véhicules-heures en situation de congestion par 1 000 véhicules-kilomètres. C'est d'ailleurs sur les artères que ce ratio est le plus élevé, et ce, dans l'ensemble du territoire, sauf sur la Rive-Sud immédiate.

Somme toute, le réseau routier de Montréal est nettement le plus chargé de la grande région de Montréal. Ses autoroutes et ses artères sont les plus achalandées. C'est aussi à Montréal que la congestion est la plus répandue : 1132 véhicules-kilomètres congestionnés par voie-kilomètre sur les autoroutes et 411 sur les artères. Montréal a plus que sa part de la congestion : son réseau routier subit la plus grande part de la congestion sur le territoire d'étude (63 % des véhicules-heures congestionnés), bien qu'il ne supporte que 52 % des véhicules-heures totaux et 41 % des véhicules-kilomètres totaux.

Le nombre de véhicules-heures effectués en situation de congestion est nettement plus élevé sur la Rive-Sud immédiate (11 655) qu'à Laval (8370). À l'opposé, les couronnes sud et nord subissent très peu de congestion, quel que soit l'indicateur utilisé.

De façon générale, les autoroutes supportent la majorité du trafic; c'est nettement le cas en termes de véhicules-kilomètres (67 %), mais ce n'est pas aussi tranché pour les véhicules-heures (53 %). Les autoroutes supportent également la majorité de la congestion, soit 56 % des véhicules-heures de retard attribuables à la congestion récurrente. Quant aux artères, bien que ne totalisant que 34 % des véhicules-kilomètres totaux, elles comptent pour plus de 44 % des véhicules-heures congestionnés.

[58] Rappelons que la capacité théorique d'une voie d'autoroute en conditions idéales est de 2400 automobiles/heure. Le débit moyen de 3500 véhicules/voie représente ici le trafic de toute la période de pointe, soit 3 heures (6 h-9 h).

2.2.2 Les usagers du réseau routier et la congestion

Par rapport au temps total de déplacement sur le réseau routier à la période de pointe du matin, tel qu'il a été calculé par le MOTREM 98, les retards comptent pour une part de 19 %. Sachant que le temps moyen de déplacement en automobile à la période de pointe du matin est d'environ 23 minutes, les retards attribuables à la congestion y représentent donc en moyenne *un peu plus de quatre minutes*. Évidemment, certains usagers sont beaucoup plus touchés par la congestion alors que d'autres ne le sont pas du tout. Rappelons que le retard s'exprime par rapport au seuil de congestion défini, et non par rapport à la vitesse à écoulement libre ou la vitesse affichée.

Le tableau 10 montre le retard moyen pour un déplacement entre chaque paire de sous-régions. On note que les retards moyens des déplacements internes aux sous-régions sont très faibles, quoiqu'ils masquent une variabilité importante. Or, les déplacements internes aux cinq sous-régions représentent 64 % de la demande totale[59] et 70 % de la demande interne au territoire d'étude. Les retards les plus importants sont associés aux déplacements longs qui transitent à travers l'île de Montréal, par exemple, de la Rive-Nord à la Rive-Sud immédiate (21 minutes de retard). Ces déplacements sont cependant très minoritaires; ils ne représentent que 0,1 % de la demande totale. Les déplacements de la Rive-Sud immédiate vers Montréal enregistrent un retard moyen de 19,1 minutes, mais ils ne représentent que 3,5 % de la demande automobile totale.

La sous-région dont l'accessibilité est la plus affectée par la congestion est évidemment Montréal : pour accéder à Montréal à partir d'une autre sous-région, le retard moyen est de 12 minutes (Laval) ou plus.

[59] La demande totale inclut les déplacements qui viennent de l'extérieur du territoire d'enquête (déplacements exogènes).

Tableau 10 Retard moyen attribuable à la congestion (minutes) et demande entre les sous-régions (% de la demande du territoire à l'étude), à la période de pointe du matin, 1998

Origine	Destination				
	Montréal	**Rive-Sud immédiate**	**Laval**	**Couronne nord**	**Couronne sud**
Montréal	3,3 40,2 %	5,6 1,2 %	2,2 1,5 %	2,2 0,8 %	3,7 0,9 %
Rive-Sud immédiate	19,1 3,5 %	0,5 5,8 %	20,1 0,1 %	16,9 0,05 %	0,9 0,8 %
Laval	11,7 5,4 %	16,5 0,1 %	1,0 4,7 %	0,7 0,9 %	14,6 0,06 %
Couronne nord	15,7 5,3 %	20,5 0,1 %	5,4 1,9 %	0,4 9,1 %	17,6 0,1 %
Couronne sud	15,0 5,0 %	2,3 2,4 %	13,9 0,14 %	16,5 0,06 %	0,7 9,8 %

Note : La couleur de chaque cellule dépend de l'amplitude du retard : 0-10 : ivoire; 10-20 : or; 20+ : rouge

Puisque la demande interne à la sous-région de Montréal représente environ 40 % de la demande de l'ensemble du territoire, soit deux déplacements sur cinq, la sous-région de Montréal a été subdivisée en quatre entités, le centre-ville, l'ouest, le centre et l'est, afin de mieux illustrer la dynamique des retards (voir figure 9).

Le tableau 11 illustre le retard moyen pour les déplacements effectués entre ces quatre entités. Les retards moyens les plus importants sont enregistrés pour les déplacements de l'est et de l'ouest vers le centre-ville (plus de 12 minutes). On note également un retard de 10,5 minutes pour les déplacements de l'est vers l'ouest.

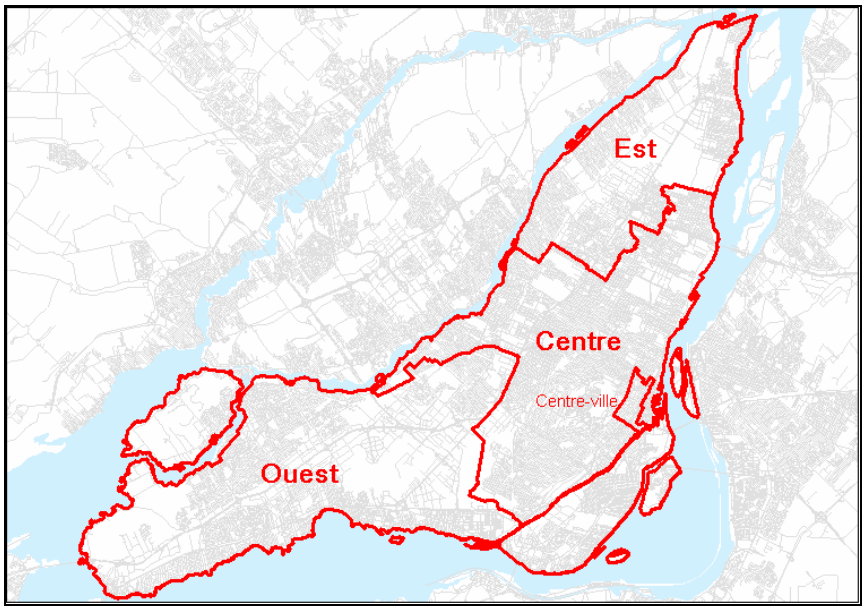


Figure 9 Découpage du territoire de la sous-région de Montréal

Tableau 11 Retard moyen (minutes) et part de la demande du territoire à l'étude (%), pour les déplacements internes à la sous-région de Montréal

Origine	Destination			
	Est	Centre	Centre-ville	Ouest
Est	0,8 2,7 %	7,3 3,0 %	13,5 0,4 %	10,5 0,6 %
Centre	1,2 1,7 %	2,4 15,5 %	4,8 2,0 %	5,0 3,6 %
Centre-ville	0,4 0,03 %	0,4 0,35 %	1,0 0,001 %	3,0 0,06 %
Ouest	5,4 0,3 %	8,4 2,7 %	12,4 0,5 %	2,5 6,8 %

Note : La couleur de chaque cellule dépend de l'amplitude du retard : 0-10 : ivoire; 10-20 : or.

Un examen des retards à une échelle plus petite que celle des sous-régions montre que les déplacements à destination du centre-ville et des secteurs voisins du centre-ville subissent les retards les plus importants. Par exemple, un déplacement de la Rive-Nord vers le centre-ville subit un retard moyen d'approximativement 24 minutes (tableau 12). Les déplacements internes à l'île de Montréal ne sont pas à l'abri d'une congestion importante : un déplacement en automobile du secteur Pointe-aux-Trembles vers le centre-ville subit un retard moyen de 21 minutes, soit autant qu'un trajet de Brossard au centre-ville, par exemple. Seuls les usagers montréalais en provenance des secteurs peu éloignés du centre-ville subissent des retards inférieurs à 10 minutes (ex. : Lachine, 9,5 minutes).

Tableau 12 Retard à destination du centre-ville de Montréal

Sous-région ou partie	Retard moyen (minutes)	Retard minimum-maximum (minutes)
Montréal (est)	13,5	13,0 - 20,9
Montréal (centre)	4,8	2,6 - 14,9
Montréal (ouest)	12,4	9,5 - 24,1
Rive-Sud immédiate	19,8	18,5 - 21,8
Laval	18,4	17,0 - 24,1
Couronne nord	24,2	22,7 - 27,9
Couronne sud	20,8	12,5 - 30,9

Note : La couleur de chaque cellule dépend de l'amplitude du retard : 0-10 : ivoire; 10-20 : or; 20+ : rouge.

La figure suivante illustre la distribution statistique des retards individuels pour l'ensemble des déplacements. La distribution est relativement étendue, bien que les valeurs faibles soient les plus importantes. On constate qu'environ 18 % des déplacements ne subissent aucun retard. Près de 50 % des déplacements sont faits avec un retard égal ou inférieur à 5 minutes et plus de 75 % des déplacements subissent un retard égal ou inférieur à 15 minutes. Aucun déplacement ne subit un retard récurrent de plus de 40 minutes.

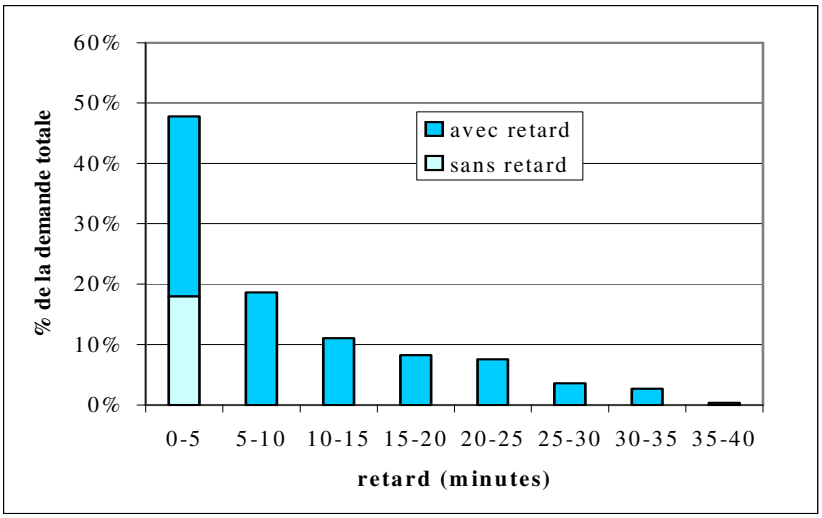


Figure 10 Distribution des retards à la période de pointe du matin, 1998

Même si ce n'est pas l'objet de notre étude, la comparaison de la vitesse des déplacements en automobile avec la vitesse des déplacements en transport en commun met en perspective l'importance des retards subis par les automobilistes. Des vitesses moyennes pour l'ensemble du réseau et des durées de déplacement intersectorielles ont été tirées du MOTREM 98, tant pour le mode automobile que pour le mode transport en commun. La vitesse moyenne des déplacements en automobile en période de pointe du matin est de 42 km/h alors que celle des déplacements réalisés en transport en commun n'est que de 30 km/h. Donc, pour des distances comparables, les usagers du transport en commun doivent mettre en moyenne 40 % plus de temps que les automobilistes pour atteindre leur destination. Le transport en commun s'avère toutefois plus rapide dans certains cas, par exemple pour les déplacements entre des secteurs de la Rive-Sud immédiate et le centre-ville de Montréal, grâce à la voie réservée du pont Champlain.

En conclusion, la congestion touche les usagers de façon très diverse. Une minorité des usagers (18 %) ne subit aucun retard. Près de la moitié des usagers subissent un retard, qui ne dépasse pas 10 minutes. Toutefois, un peu plus de 1 usager sur 7 (14 %) subit un retard égal ou supérieur à 20 minutes par déplacement. En matière d'origine et de destination, les retards les plus importants sont enregistrés pour les déplacements qui passent par des ponts dans le sens de la pointe ou qui se destinent au centre-ville. La sous-région dont l'accessibilité est la plus touchée par la congestion est Montréal. À une échelle plus petite, c'est l'accessibilité au centre-ville qui est la plus affectée par la congestion. Malgré la congestion, les déplacements en automobile demeurent tout de même, sauf exception, plus rapides que les déplacements en transport en commun.

2.3 Coût socio-économique de la congestion récurrente

Le tableau 13 chiffre à 779 M$ le coût socio-économique attribuable à la congestion routière récurrente dans l'agglomération de Montréal pour l'année 1998. Les résultats sont ventilés par composantes : coûts des retards, coûts supplémentaires d'utilisation des véhicules, coûts supplémentaires des carburants, coûts supplémentaires des émissions polluantes et coûts supplémentaires des émissions de gaz à effet de serre. Le tableau indique que les retards représentent la grande majorité des coûts totaux, soit environ 90,4 %.

Les 704,1 M$ de retards correspondent à 41,8 M d'heures pour les automobilistes (conducteurs et passagers) et à 1,9 M d'heures pour les camionneurs.

Les 10,7 M$ (taxes exclues) de carburant supplémentaire représentent 44,4 M de litres d'essence et 2,9 M de litres de carburant diesel par année.

Les 6,0 M$ de polluants atmosphériques supplémentaires sont attribuables à 2392 tonnes de CO, 375 tonnes d'hydrocarbures et 135 tonnes de NOX. Signalons que les quantités de particules de matière et de SO_2 émises ne sont pas plus importantes en période de congestion qu'au seuil de congestion, selon le modèle MOBILE6.

Finalement, le coût de 3,3 M$ attribuable aux GES correspond à 108 600 tonnes supplémentaires d'équivalent CO_2 rejetées dans l'atmosphère, uniquement à cause de la congestion récurrente.

Tableau 13 Sommaire des coûts socio-économiques annuels attribuables à la congestion récurrente sur les autoroutes et les artères, 1998 (M$)

Composante	M$	%
Retards (temps suppl. de déplacement des automobilistes et camionneurs)	704,1	90,4
Coûts d'utilisation des véhicules (sauf carburant, sans taxes)	54,7	7,0
Coût des carburants (sans taxes)	10,7	1,4
Émissions de polluants atmosphériques	6,0	0,8
Émissions de gaz à effet de serre	3,3	0,4
Coût total pour la société	**778,7**	**100**

2.3.1 Les coûts totaux attribuables à la congestion récurrente

Le tableau 14 montre la répartition des coûts totaux par sous-région et par catégorie de route[60]. C'est sur le territoire de Montréal que sont supportés près de 62 % des coûts liés à la congestion, soit 485 M$. La Rive-Sud immédiate suit, avec près de 17 % des coûts (134 M$), soit nettement plus qu'à Laval (85 M$). Ces chiffres soutiennent la perception que la congestion est beaucoup plus aiguë sur la Rive-Sud qu'à Laval. Les coûts de la congestion dans la couronne sud (39 M$) et dans la couronne nord (37 M$) sont comparativement très faibles.

Sur le plan de la catégorie de lien routier, on note que, globalement, 56 % des coûts sont subis sur les autoroutes (438 M$)[61]. Par contre, à Montréal, la part des coûts attribuables aux artères atteint 55 %. La grande majorité des coûts associés aux artères sont supportés par le territoire de Montréal (78 %). À l'inverse, à l'extérieur de Montréal, 75 % des coûts de la congestion sont engendrés sur les autoroutes.

Tableau 14 Répartition du coût socio-économique total de la congestion récurrente, par type de route et sous-région, 1998 (M$ 1998)

Type de route	Montréal	Rive-Sud immédiate	Laval	Couronne sud	Couronne nord	Total
Autoroutes	218,5	117,0	62,1	19,0	21,9	438,4
Artères	266,9	16,5	22,5	19,5	14,8	340,3
Total	485,4	133,5	84,6	38,5	36,7	778,7

[60] Cette répartition est estimée à partir de la simulation de la période de pointe du matin. Une estimation basée sur la simulation de la période de pointe du soir pourrait donner des résultats quelque peu différents.

[61] Si les routes collectrices étaient incluses, malgré le fait que le modèle en surestime largement la congestion, elles ne représenteraient qu'environ 8 % des retards.

2.3.2 Coût des retards attribuables à la congestion récurrente

Le tableau 15 répartit le coût total des retards de 704,1 M$ par sous-région et par type de véhicule. Les automobilistes (conducteurs et passagers) supportent la très grande majorité des coûts, soit 93 % des 704,1 M$. La répartition automobiles/camions est à peu près la même dans chaque sous-région, exception faite de la couronne sud où les camions ne comptent que pour 5,6 % des coûts des retards par rapport à 7,5 % pour l'ensemble du territoire. Il faut cependant noter que les camions, contrairement aux automobiles, se font généralement moins nombreux aux périodes de pointe du matin et du soir qu'aux périodes creuses (9 h à 15 h). On ne sait toutefois pas dans quelle mesure les camionneurs évitent sciemment les périodes de pointe, ni le coût de cette adaptation logistique.

Tableau 15 Répartition du coût socio-économique des retards, par type de véhicule et par sous-région, 1998 (M$ 1998)

Type de véhicule	Montréal	Rive-Sud immédiate	Laval	Couronne sud	Couronne nord	Total
Automobiles	405,7	111,4	71,1	32,6	30,5	651,3
Camions	32,8	9,7	5,6	1,9	2,7	52,8
Total	438,5	121,1	76,7	34,5	33,2	704,1

Le tableau 16 montre que la plus grande partie (57 %) du coût des retards est engendrée sur les autoroutes et que Montréal supporte 62 % du coût total des retards. Comme pour les coûts totaux, la Rive-Sud immédiate vient au second rang, suivie de Laval, de la couronne sud et de la couronne nord. La très grande majorité des coûts des retards subis sur les artères affecte Montréal (78 %).

Tableau 16 Répartition du coût socio-économique des retards (conducteurs, passagers et camions), par type de route et sous-région, 1998 (M$ 1998)

Type de route	Montréal	Rive-Sud immédiate	Laval	Couronne sud	Couronne nord	Total
Autoroutes	198,2	106,2	56,4	17,1	20,0	397,9
Artères	240,3	15,0	20,3	17,4	13,2	306,2
Total	438,5	121,1	76,7	34,5	33,2	704,1

Le tableau 17 montre que l'essentiel du coût des retards des automobilistes est associé aux navetteurs (déplacements entre le domicile et le lieu de travail), soit 87 %. Les trois autres motifs combinés ne représentent donc que 13 % des coûts. Il y a très peu de variation quant à la répartition des motifs entre les sous-régions. Il faut toutefois noter que les enquêtes O-D régionales ne représentent pas la totalité des déplacements faits durant les heures de travail[62].

Tableau 17 Répartition du coût socio-économique des retards des automobilistes (conducteurs et passagers), par motif et par sous-région, 1998, (M$ 1998)

Motif	Montréal	Rive-Sud immédiate	Laval	Couronne sud	Couronne nord	Total
Navette	354,4	98,9	62,4	27,5	26,5	569,7
Travail	15,4	3,5	2,9	1,4	1,2	24,4
Études	11,4	2,9	2,2	1,1	0,9	18,4
Autre	24,5	6,1	3,6	2,6	2,0	38,8
Total	405,7	111,4	71,1	32,6	30,5	651,3

2.3.3 Coûts supplémentaires d'utilisation (sauf carburant)

C'est sur le réseau de Montréal que sont engendrés la majorité (63 %) des coûts supplémentaires d'utilisation de 54,7 M$ attribuables à la congestion récurrente, comme on peut le voir au tableau 18. Les artères de Montréal représentent à elles seules 34 % des coûts totaux de la grande région de Montréal. Cette situation s'explique par des coûts d'utilisation kilométriques plus élevés à basse vitesse. Les coûts d'utilisation supplémentaires des deux couronnes sont très faibles, à peine plus de 5 M$ au total.

Les automobiles contribuent pour 41,9 M$ (77 %) au total de 54,7 M$, alors que les camions réguliers comptent pour 8,9 M$ (16 %) et les camions lourds pour 3,9 M$ (7 %).

[62] Par exemple, les déplacements faits par les chauffeurs de taxi et les livreurs durant leur période de travail ne sont pas recensés par les enquêteurs. De plus, puisqu'au cours de l'entrevue téléphonique, une seule personne répond des déplacements de l'ensemble du ménage, on soupçonne qu'une partie des déplacements faits dans le cadre du travail n'est pas recensée.

Tableau 18 Répartition des coûts socio-économiques supplémentaires d'utilisation, sauf carburant, sans taxes, 1998 (milliers de $)

Type de route	Montréal	Rive-Sud immédiate	Laval	Couronne sud	Couronne nord	Total
Autoroutes	16 015	7929	4445	1369	1523	31 282
Artères	18 409	1022	1563	1389	1083	23 465
Total	34 424	8951	6008	2759	2606	54 747

Toutefois, les coûts supplémentaires d'utilisation attribuables à la congestion ne représentent qu'un faible pourcentage des coûts d'utilisation totaux à la période de pointe du matin; soit 4,2 % des coûts d'utilisation totaux des automobiles, 7,4 % des coûts d'utilisation totauxdes camions réguliers et 4,7 % des coûts d'utilisation totaux des camions lourds.

2.3.4 Coûts supplémentaires des carburants (sans taxes)

Les tableaux 19 et 20 montrent comment se répartissent les 10,7 M$ de coûts supplémentaires des carburants attribuables à la congestion (1,4 % du coût total de la congestion récurrente). L'essentiel du coût est engendré par les automobiles (92 %). Comme pour les autres catégories de coûts, la plus grande partie (63 %) est subie à Montréal alors que les coûts imputés dans la couronne sud et dans la couronne nord sont marginaux.

Tableau 19 Répartition des coûts socio-économiques supplémentaires des carburants, sans taxes, par catégorie de route et par sous-région, 1998, (milliers de $)

Type de route	Montréal	Rive-Sud immédiate	Laval	Couronne sud	Couronne nord	Total
Autoroutes	2498	1535	731	283	210	5258
Artères	4202	271	348	368	246	5435
Total	6700	1806	1079	651	457	10 693

Tableau 20 Répartition des coûts socio-économiques supplémentaires des carburants, sans taxes, par catégorie de véhicules et par sous-région 1998 (milliers de $)

Type de véhicule	Montréal	Rive-Sud immédiate	Laval	Couronne sud	Couronne nord	Total
Automobiles	6157	1643	995	613	417	9825
Camions	543	164	85	37	40	868
Total	6700	1806	1079	651	457	10 693

L'essence supplémentaire consommée par les automobiles à cause de la congestion ne représente que 5,5 % de toute l'essence consommée à la période de pointe du matin (6 h-9 h). Quant au carburant diesel supplémentaire consommé par les camions, il ne compte que pour 2,4 % de la consommation totale de carburant diesel durant la période de pointe du matin[63].

2.3.5 Coûts supplémentaires des émissions polluantes

Le tableau suivant montre la répartition des 6,0 M$ attribuables aux émissions polluantes supplémentaires imputables à la congestion récurrente. Le coût associé aux artères de Montréal (2,7 M$) est presque trois fois plus élevé que le coût attribué aux autoroutes de Montréal (1,0 M$), ce qui a de quoi surprendre. Ce contraste s'explique par les faibles vitesses sur les artères congestionnées, qui correspondent à des taux d'émissions polluantes plus élevés. Environ 77 % des coûts des émissions polluantes engendrés sur les artères de l'ensemble du territoire le sont à Montréal.

Tableau 21 Répartition des coût socio-économiques supplémentaires des émissions polluantes, par type de route et par sous-région, 1998, (milliers de $)

Type de route	Montréal	Rive-Sud immédiate	Laval	Couronne sud	Couronne nord	Total
Autoroutes	997	901	261	192	71	2420
Artères	2744	178	224	238	158	3542
Total	3740	1079	485	429	229	5962

[63] À partir des comptages de circulation, nous estimons que l'essence supplémentaire consommée à cause de la congestion des périodes de pointe représente environ 2,2 % de la consommation quotidienne et 1,6 % de la consommation annuelle. Les pourcentages respectifs du carburant diesel sont 1,0 % et 0,7 %.

Les émissions polluantes supplémentaires attribuables à la congestion ne représentent que 1,3 % (NOX), 2,0 % (CO) et 6,1 % (hydrocarbures) des émissions polluantes totales des véhicules pendant la période de pointe du matin[64].

2.3.6 Coûts supplémentaires des gaz à effet de serre

Les GES représentent la plus petite composante du coût socio-économique de la congestion, soit 3,3 M$ sur 778,7 M$ (0,4 %). Le tableau 22 en illustre la répartition sur le territoire et par type de route. Comme c'est le cas pour toutes les distributions de coûts illustrées ci-dessus, la majorité des coûts sont engendrés à Montréal (63 %), et la cellule la plus importante du tableau est celle du réseau artériel de Montréal; elle compte ici pour 39 % du coût total. Il faut noter que ces émissions n'ont pas d'impact local, comme c'est le cas des émissions polluantes. L'impact des GES est plutôt d'ordre planétaire.

Tableau 22 Répartition des coûts socio-économiques supplémentaires des GES, par type de route et par sous-région, 1998, (milliers de $)

Type de route	Montréal	Rive-Sud immédiate	Laval	Couronne sud	Couronne nord	Total
Autoroutes	758	466	222	86	64	1596
Artères	1280	83	106	113	75	1657
Total	2039	549	328	199	139	3253

Les GES attribuables à la congestion ne représentent que 5,1 % du total émis par les véhicules durant la période de pointe du matin[65].

[64] À partir des comptages de circulation, nous estimons que le NOX supplémentaire émis à cause de la congestion des périodes de pointe représente environ 0,5% des émissions quotidiennes et 0,4% des émissions annuelles. Les pourcentages respectifs du CO sont 0,8 % et 0,6 % et ceux des hydrocarbures sont 2,4 % et 1,7 %.

[65] À partir des comptages de circulation, nous estimons que les GES supplémentaires émis à cause de la congestion des périodes de pointe représentent environ 2,0 % des émissions quotidiennes et 1,5% des émissions annuelles.

2.4 Le coût de la congestion pour les entreprises

Le coût socio-économique total de la congestion n'est pas celui « d'heures de travail perdues », comme il a été écrit à tort à propos des résultats de 1997 (voir l'annexe A à cet égard) mais plutôt, dans une proportion largement majoritaire de 75 % (588 M$), la valeur du temps supplémentaire de déplacement des personnes qui font la navette entre leur domicile et leur lieu de travail ou d'étude. Il s'agit donc de la valeur théorique du temps supplémentaire qu'elles auraient pu consacrer à d'autres activités personnelles, plutôt qu'à leurs déplacements.

La part du coût de la congestion pris en charge par les entreprises est beaucoup plus modeste. Il s'agit pour l'essentiel du temps perdu par les camionneurs et les automobilistes qui sont en situation de travail. Or, ces derniers ne forment qu'une faible minorité des conducteurs en période de pointe du matin, soit environ 6,8 %. Le coût de la congestion pour les entreprises n'est pas un coût socio-économique, c'est un coût privé pris en charge par les entreprises. On doit donc y inclure les taxes[66]. Ce coût s'élève à 96,5 M$ et comprend, dans le contexte de la présente étude :

- les retards subis par les camionneurs (52,8 M$) et par les automobilistes qui sont en déplacement d'affaires (24,4 M$);
- les coûts supplémentaires d'utilisation des camions (14,8 M$) et des automobiles des gens d'affaires (1,8 M$);
- les coûts supplémentaires de carburant des camions (1,8 M$) et des automobiles des gens d'affaires (0,9 M$).

Cette évaluation ne tient cependant pas compte:

- des coûts que subiraient les entreprises si certains déplacements étaient reportés ou devancés à cause de la congestion;
- ni de l'impact de la congestion sur la taille du marché des entreprises, sur le bassin des fournisseurs ou le bassin de recrutement des employés.

[66] La TPS et la TVQ ont été ajoutés aux coûts d'utilisation. Le coût moyen respectif de l'essence et du carburant diesel, incluant toutes les taxes, était de 0,561 $/l et 0,581 $/l en 1998.

On ne connaît toutefois pas l'ampleur de ces derniers coûts qui font l'objet de certaines recherches[67]. C'est pourquoi il est difficile d'estimer le coût *total* de la congestion pour les entreprises.

Le total de 96,5 M$, dont la plus grande partie est subie par les camionneurs (69,4 M$ ou 72 %), ne représente cependant qu'un très faible pourcentage de la valeur globale des biens et services produits dans la région de Montréal, soit à peine 0,1 % du produit intérieur brut (PIB) régional de 1998, estimé à 98 milliards de dollars.

[67] Voir à ce sujet : Glen WEISBROD, *et al.*, *Economic Implications of Congestion*, NCHRP Report n° 463, Transportation Research Board, Washington, 2001.

3. ÉVOLUTION DE LA CONGESTION À MONTRÉAL

Par rapport à l'étude antérieure (1997) qui était basée sur les conditions de 1993, la présente étude s'appuie non seulement sur des données plus récentes (1998), mais aussi sur plusieurs raffinements méthodologiques ainsi que sur des nouveaux paramètres : le territoire couvert a été élargi; le réseau routier s'est agrandi; la codification du réseau a été revue afin de la rendre conforme à la hiérarchie proposée par la Communauté urbaine de Montréal et le MTQ[68]; les vitesses à écoulement libre et les capacités des liens routiers ont été revues à la hausse afin de refléter les observations récentes[69]; les seuils de congestion ont été modifiés (voir section 1.1.3); et les valeurs du temps ont été raffinées. On ne peut donc faire de comparaison directe entre les résultats obtenus avec l'une et l'autre étude. Cependant, afin de mesurer l'évolution de la congestion entre 1993 et 1998, la situation de 1993 a été réévaluée à l'aide du cadre actuel.

3.1 La réévaluation des retards attribuables à la congestion en 1993

Compte tenu des différences entre le MOTREM 93 et le MOTREM 98, la demande tirée de l'enquête O-D 1993 a été « traduite » dans le système de zones du MOTREM 98 et simulée à l'aide de modèle. L'offre (le réseau routier) de 1993 a également été reformulée dans le MOTREM 98. La comparaison des résultats permet de mesurer sur une base comparable l'évolution de la congestion sur le réseau routier.

3.1.1 Le territoire couvert

Le territoire de l'enquête O-D 1993 – et le réseau routier codifié dans le MOTREM 93 – couvrait 4737 km^2 alors que le territoire de l'enquête O-D 1998 couvrait 5397 km^2. Pour permettre la comparaison entre les deux années, seuls les liens du réseau routier qui sont situés sur le territoire de l'enquête O-D 1993 ont été retenus dans l'exercice comparatif.

---

[68] MTQ- DIRECTION DE L'ÎLE-DE-MONTRÉAL ET COMMUNAUTÉ URBAINE DE MONTRÉAL, *Réseau routier hiérarchisé, Communauté urbaine de Montréal – 2000, Proposition du comité CUM-MTQ*, septembre 2000, disque compact.

[69] Depuis quelques années, le MTQ fait effectuer des relevés dits de « voitures flottantes » aux périodes de pointe du matin et du soir, sur les principaux axes routiers de l'agglomération de Montréal.

3.1.2 L'évolution de l'offre

Le réseau routier de l'agglomération s'est développé quelque peu entre 1993 et 1998, surtout à Laval et sur la Rive-Sud immédiate. Afin de tenir compte de cette évolution, les principaux aménagements absents en 1993 ont été retranchés du réseau codifié du MOTREM 98; on en trouvera la liste complète à l'annexe C. Notons, entre autres :

- l'élargissement de l'autoroute 15 à Montréal et à Laval;
- le prolongement de l'autoroute 30 entre l'autoroute 15 et l'autoroute 10 sur la Rive-Sud;
- l'aménagement de certaines voies rapides de l'autoroute 440 à Laval;
- l'aménagement d'une 4^{e} voie sur le pont Louis-Bisson (autoroute 13) à Laval;
- l'aménagement de l'avenue Souligny entre la rue Dickson et l'autoroute 25 à Montréal;
- le réaménagement du boulevard Henri-Bourassa entre le boulevard Langelier et l'autoroute 40 (Montréal);
- le réaménagement du boulevard Sir-Wilfrid-Laurier entre le chemin de Chambly et le boulevard Taschereau (Rive-Sud immédiate).

3.1.3 L'évolution de la demande entre 1993 et 1998

Le tableau 23 montre l'évolution de la demande, telle qu'elle a été mesurée en déplacements auto-conducteur, pour la période 1993-1998. D'après le tableau 23, toutes les sous-régions ont connu des augmentations relativement importantes du nombre de déplacements auto-conducteur[70]. Montréal et la Rive-Sud immédiate ont enregistré des accroissements inférieurs à la moyenne en termes relatifs, alors que la couronne sud et la couronne nord enregistraient de très fortes croissances. Cependant, en termes absolus, c'est à Montréal que se sont produites les plus fortes augmentations : 58 000 déplacements auto-conducteur attirés de plus, 52 000 déplacements produits de plus.

[70] Ce n'est cependant pas le cas pour l'ensemble des autres modes de déplacement des personnes. Le nombre de déplacements produits à la période de pointe du matin n'a augmenté que de 9,5 %, tous modes confondus, sur l'ensemble du territoire d'étude. Sur la Rive-Sud immédiate, il n'a augmenté que de 4,2 %.

Tableau 23 Évolution du nombre de déplacements auto-conducteur produits et attirés par sous-région, période de pointe du matin, (6 h-9 h), 1993-1998, territoire comparable

Sous-région	1993				1998				Var. 93-98	
	Attirés	%	Produits	%	Attirés	%	Produits	%	Attirés	Produits
Montréal	465 789	67,8 %	352 006	49,4 %	523 795	65,0 %	403 956	48,3 %	12,5 %	14,8 %
Rive-Sud immédiate	69 248	10,1 %	83 390	11,7 %	81 817	10,1 %	93 893	11,2 %	18,2 %	12,6 %
Laval	56 860	8,3 %	83 926	11,8 %	71 382	8,9 %	100 897	12,1 %	25,5 %	20,2 %
Couronne sud	46 469	6,8 %	96 397	13,5 %	63 740	7,9 %	117 754	14,1 %	37,2 %	22,2 %
Couronne nord	48 742	7,1 %	97 364	13,7 %	65 519	8,1 %	120 030	14,3 %	34,4 %	23,3 %
Total	687 108	100 %	713 083	100 %	806 253	100,0 %	836 530	100 %	17,3 %	

Source : AMT, *Outil de consultation des enquêtes Origine-Destination de 1987, 1993 et 1998 de la région de Montréal*, juin 2001, Montréal, 36 p.

À l'extérieur de Montréal, l'accroissement du nombre de déplacements attirés est beaucoup plus fort que celui du nombre de déplacements produits et il témoigne de l'attractivité croissante de ces secteurs. À cet égard, on note particulièrement l'augmentation de 37,2 % du nombre de déplacements attirés dans la couronne sud ainsi que celle de 34,4 % dans la couronne nord.

La figure 11 montre comment le ratio déplacements attirés/déplacements produits a évolué entre 1993 et 1998. Seule la sous-région de Montréal affiche un excédent, mais le ratio y est passé de 1,32 à 1,30. La moins déficitaire des autres sous-régions est la Rive-Sud immédiate dont le ratio est passé de 0,83 à 0,87. Elle est suivie de Laval qui est passée de 0,68 à 0,71.

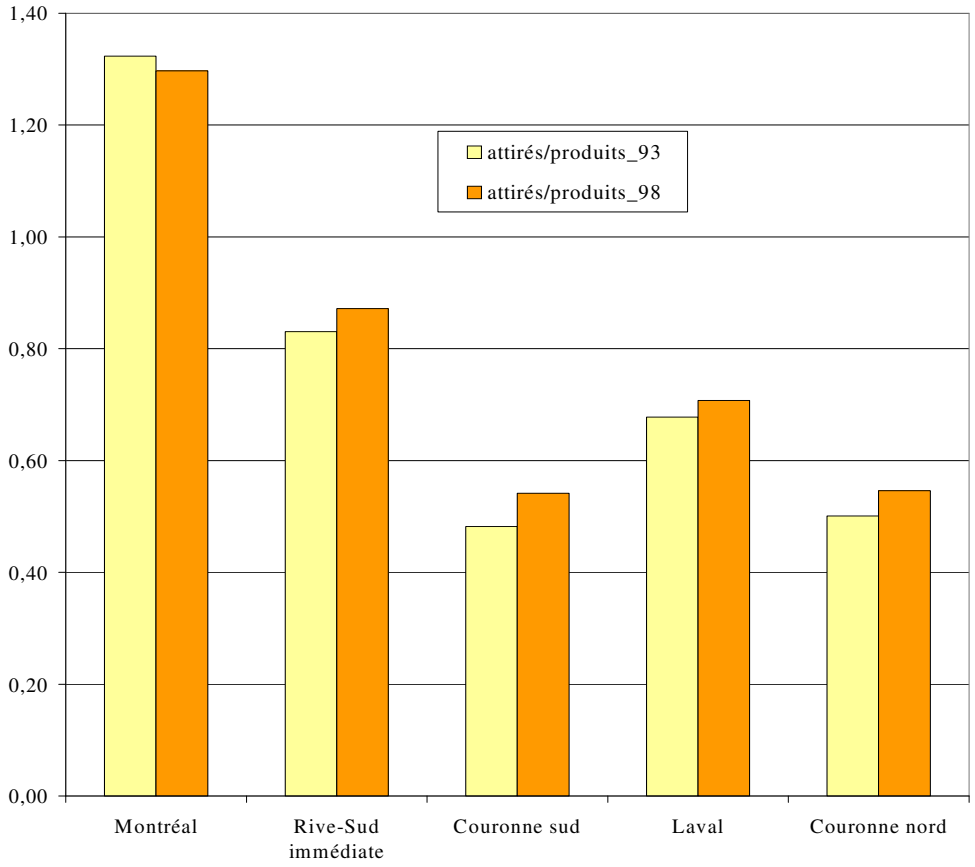


Figure 11 Évolution du ratio des déplacements auto-conducteur attirés sur les déplacements auto-conducteur produits, à la période de pointe du matin, 1993-1998

La partie supérieure du tableau 24 montre l'évolution de l'offre autoroutière et artérielle dans les cinq sous-régions d'analyse. Laval et les deux sous-régions de la Rive-Sud ont connu l'expansion la plus importante de leur réseau autoroutier entre 1993 et 1998. Notons toutefois que la croissance du réseau autoroutier de la Rive-Sud immédiate tient essentiellement au réaménagement du boulevard Sir-Wilfrid-Laurier. Le réseau artériel a peu évolué entre 1993 et 1998.

Si on compare les taux d'augmentation de la demande à ceux de l'offre, on constate que ces derniers sont nettement plus faibles, quelle que soit la région. Le déficit est particulièrement important sur la couronne nord, puisque l'offre autoroutière n'a pas augmenté (tableau 24) alors que la croissance des déplacements produits dépassait les 23 % et que celle des déplacements attirés dépassait les 34 % (tableau 23). Cela ne signifie pas pour autant qu'il y

a eu une très forte augmentation de la congestion sur la couronne nord durant cette période. Tout dépend du degré de saturation du réseau routier en 1993.

La figure 12 illustre la variation du débit de circulation sur les autoroutes et artères de l'agglomération de Montréal entre 1993 et 1998. Outre les nouvelles routes comme les voies rapides de l'autoroute 440 et le nouveau tronçon de l'autoroute 30, et les routes qui ont été réaménagées pour augmenter leur capacité comme l'autoroute 13 et la route 116 (boulevard Sir-Wilfrid-Laurier), les augmentations se sont surtout faites sentir sur les artères de Montréal.

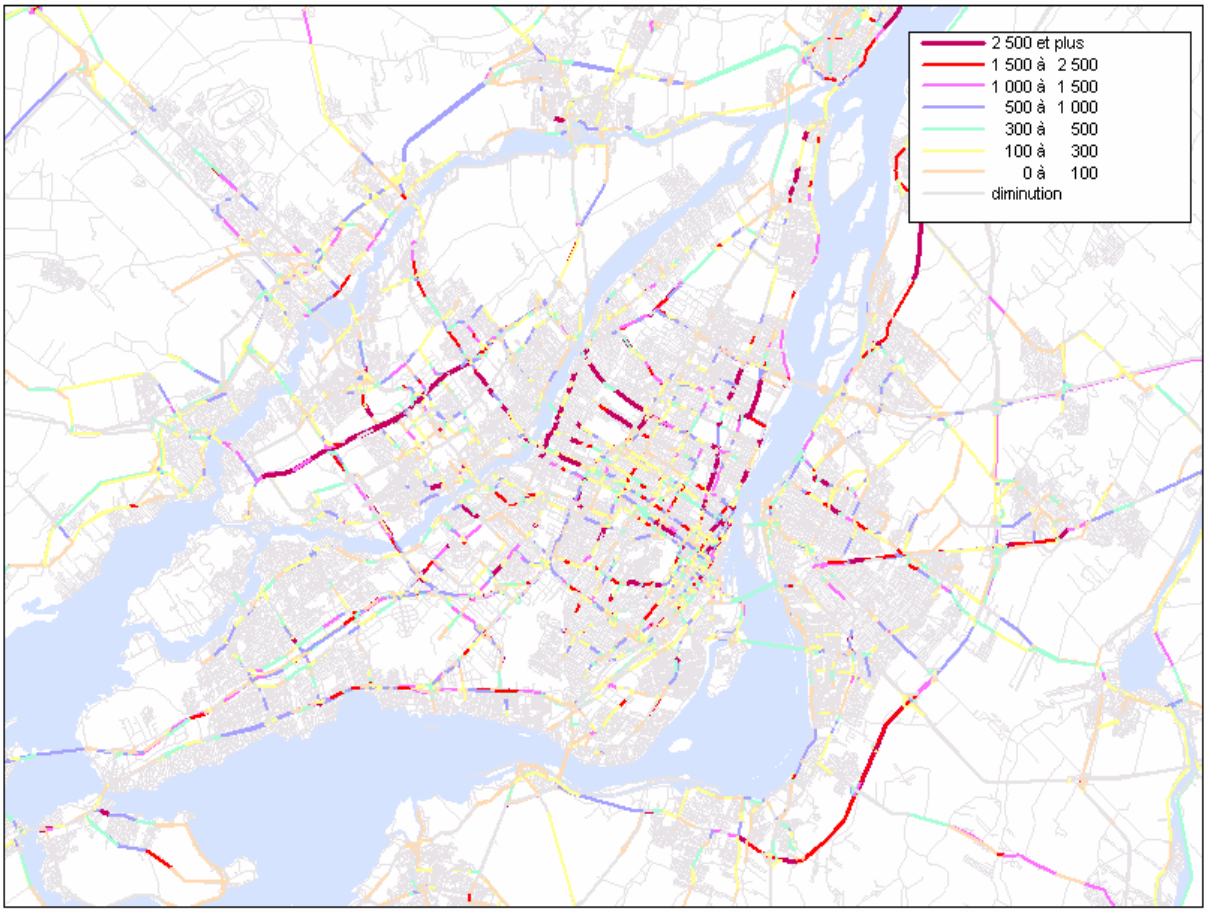


Figure 12 Variation du débit sur les autoroutes et les artères à la période de pointe du matin, 1993-1998

Il est surprenant de constater à quel point la sollicitation des ponts, à quelques exceptions près[71], a peu évolué. On fait le même constat pour les autoroutes Métropolitaine et Décarie. Cela peut s'expliquer par le fait que ces infrastructures étaient déjà saturées en 1993.

3.1.4 L'évolution du niveau de congestion de 1993 à 1998

Le tableau 24 montre la variation de différents paramètres traduisant l'évolution du niveau de congestion pour chacune des cinq sous-régions du territoire d'étude et pour chaque catégorie de route, entre 1993 et 1998. Les données valent pour le territoire de l'enquête O-D 1993, soit le territoire comparable. C'est pourquoi les résultats présentés ici pour l'année 1998 sont légèrement en deçà des valeurs présentées pour l'ensemble du territoire 1998 (Chapitre 2).

Tel qu'il a été indiqué plus haut, le développement du réseau routier a été plutôt modeste entre 1993 et 1998, exception faite de Laval qui a gagné 5,2 % plus de voies-kilomètres, dont 10,0 % pour son réseau autoroutier. Il faut noter également une légère régression du réseau artériel sur la Rive-Sud immédiate, conséquence de la transformation du boulevard Sir-Wilfrid-Laurier.

En matière de voies-kilomètres congestionnés, l'évolution est importante : la congestion s'est étendue considérablement sur les autoroutes (+39 %), mais moins sur les artères (+18 %). En termes absolus, cette augmentation représente 103 voies-kilomètres pour les autoroutes et 157 voies-kilomètres pour les artères.

La figure 13 montre les sections d'autoroutes et d'artères qui étaient déjà congestionnées en 1993 ainsi que les sections qui le sont devenues entre 1993 et 1998. Ces dernières sont relativement importantes. Mentionnons, entre autres, la section de l'autoroute 25 située entre la Montée Masson et la couronne nord. Il n'y a pas de section congestionnée en 1993 qui ne l'était plus en 1998.

Le nombre de véhicules-kilomètres parcourus sur le réseau a augmenté de façon significative dans l'ensemble des sous-régions (+21 %), pour atteindre 13,5 M de véhicules-kilomètres à la période de pointe du matin (autoroutes et artères seulement). L'augmentation la plus faible a été enregistrée à Montréal (+13 %, pour 638 000 véhicules-kilomètres) alors que l'augmentation relative la plus forte a été observée dans la couronne sud (+39 %, pour 593 000 véhicules-kilomètres).

[71] Le seul pont qui ait enregistré une forte hausse de débit est le pont Louis-Bisson de l'autoroute 13 qui relie Laval et Montréal. Ce pont offrait en 1998 une voie de plus en direction de Montréal à la période de pointe du matin.

Tableau 24 Variation 1993-1998 de certains paramètres, territoire comparable

	Montréal			Rive-Sud immédiate			Laval			Couronne sud			Couronne nord			Total		
	1993	1998	var.	1993	1998	var.	1993	1998	var.	1993	1998	var.	1993	1998	var.	1993	1998	var.
Voies-kilomètres																		
Autoroutes	968	981	1,4 %	463	498	7,5 %	422	464	10,0 %	901	932	3,5 %	800	800	0,0 %	3554	3675	3,4 %
Artères	2444	2466	0,9 %	588	573	-2,5 %	620	632	2,0 %	1279	1279	0,0 %	1325	1325	0,0 %	6256	6275	0,3 %
Total	3412	3447	1,0 %	1050	1070	1,9 %	1042	1097	5,2 %	2180	2211	1,4 %	2125	2125	-0,1 %	9809	9950	1,4 %
Voies-kilomètres congestionnés																		
Autoroutes	162	211	30,8 %	40	51	28,6 %	44	64	46,8 %	6	8	33,3 %	15	34	127,9 %	266	369	38,6 %
Artères	621	740	19,1 %	69	64	-7,6 %	81	86	5,7 %	43	64	49,8 %	66	83	26,9 %	880	1037	17,9 %
Total	782	951	21,5 %	109	115	5,7 %	125	150	20,1 %	49	73	47,8 %	81	117	45,4 %	1146	1406	22,7 %
Véhicules-kilomètres (milliers)																		
Autoroutes	3015	3382	12,2 %	1059	1334	25,9 %	899	1086	20,9 %	961	1391	44,7 %	1436	1758	22,4 %	7371	8951	21,4 %
Artères	2065	2337	13,2 %	325	349	7,4 %	336	392	16,5 %	577	740	28,3 %	478	699	46,1 %	3782	4517	19,4 %
Total	5081	5719	12,6 %	1384	1683	21,6 %	1235	1478	19,7 %	1538	2131	38,5 %	1915	2457	28,3 %	11 153	13 468	20,8 %
Véhicules-kilomètres congestionnés (milliers)																		
Autoroutes	828	1111	34,1 %	217	285	31,1 %	231	346	49,5 %	27	38	37,5 %	75	182	143,8 %	1379	1961	42,2 %
Artères	819	1012	23,7 %	79	74	-6,5 %	87	111	26,8 %	46	80	75,4 %	74	95	28,0 %	1104	1372	24,2 %
Total	1647	2123	28,9 %	296	358	21,1 %	319	457	43,3 %	73	118	61,2 %	149	277	86,2 %	2484	3333	34,2 %
Véhicules-heures																		
Autoroutes	52 237	65 632	26 %	19 454	26 256	35 %	15 860	20 345	28 %	11 200	16 133	44 %	15 905	21 306	34 %	114 657	149 673	31 %
Artères	67 071	83 201	24 %	7947	8868	12 %	8961	11 235	25 %	10 360	14 114	36 %	9778	14 127	44 %	104 117	131 545	26 %
Total	119 309	148 833	25 %	27 401	35 124	28 %	24 822	31 579	27 %	21 560	30 247	40 %	25 683	35 434	38 %	218 774	281 217	29 %
Véhicules-heures de retard																		
Autoroutes	13 208	20 753	57 %	6712	10 230	52 %	3935	6147	56 %	1341	1796	34 %	836	2133	155 %	26 032	41 058	58 %
Artères	16 872	25 325	50 %	1251	1425	14 %	1340	2223	66 %	661	1170	77 %	973	1432	47 %	21 098	31 576	50 %
Total	30 080	46 078	53 %	7963	11 655	46 %	5275	8370	59 %	2002	2966	48 %	1809	3565	97 %	47 129	72 634	54 %

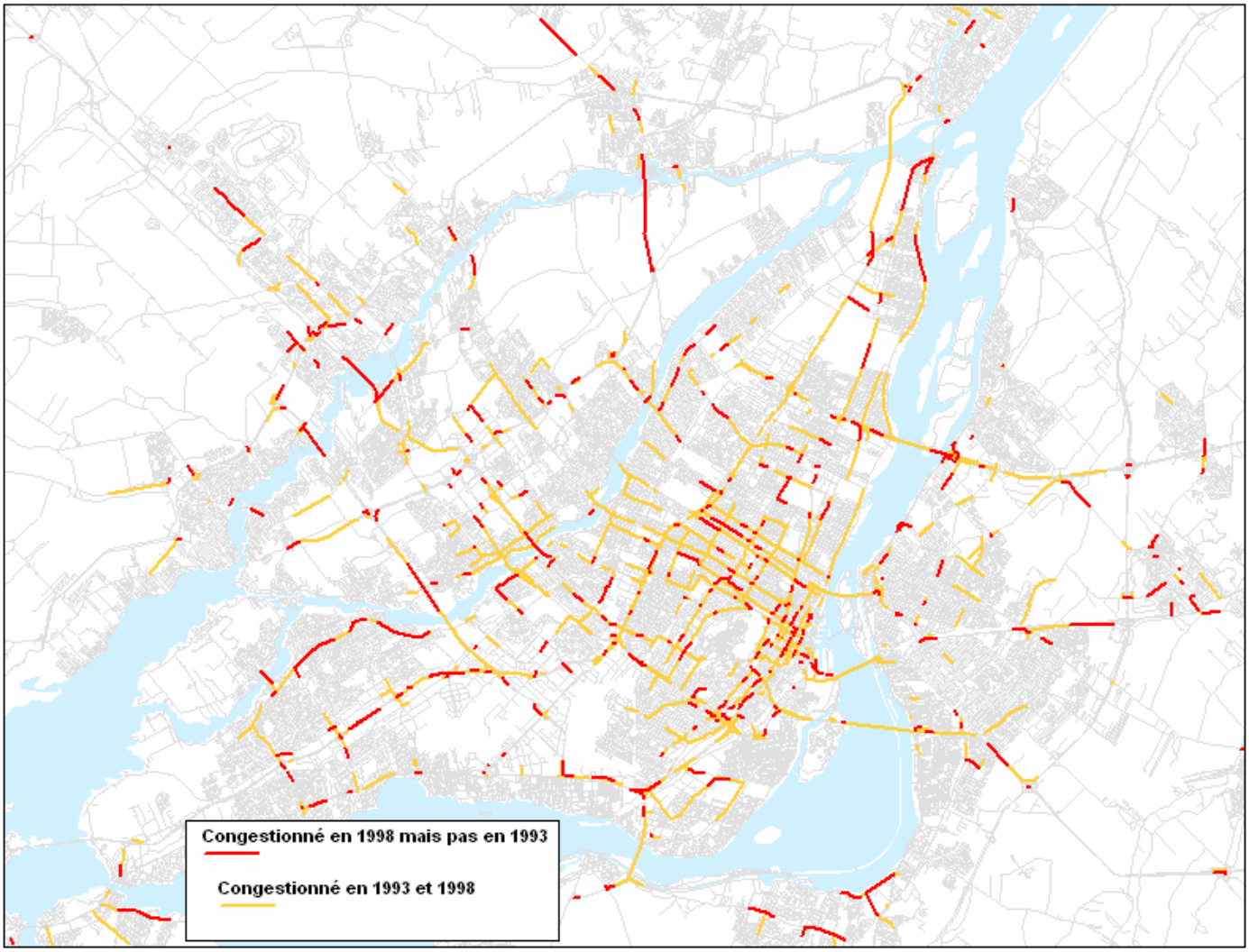


Figure 13 Sections d'autoroutes et d'artères congestionnées en 1993 et nouvelles sections congestionnées en 1998

Les évolutions ont donc été très différenciées, les sous-régions initialement peu affectées par la congestion subissant de très importantes augmentations. Dans l'ensemble du territoire, la croissance de la demande (véh-km) subie par le réseau autoroutier a été légèrement supérieure (+21,4 %) à celle subie par le réseau artériel (+19,4 %).

Les véhicules-kilomètres effectués en situation de congestion ont augmenté de 34 % sur l'ensemble du territoire, passant de 2,5 M à 3,3 M en période de pointe du matin, soit beaucoup plus que l'augmentation du nombre de véhicules-kilomètres parcourus (21 %). Cet accroissement des véhicules-kilomètres congestionnés a davantage affecté les autoroutes (+42 %) que les artères (+24 %). On doit noter cependant que la légère diminution sur le réseau artériel de la Rive-Sud immédiate est attribuable à la transformation du boulevard Sir-Wilfrid-Laurier. La couronne nord est la sous-région qui a enregistré l'augmentation relative la plus importante du nombre de véhicules-kilomètres congestionnés, soit 86 %, mais elle demeure peu touchée par la congestion : seulement 11 % des véhicules-kilomètres y étaient effectués en situation de congestion en 1998, durant la pointe du matin.

Le nombre de véhicules-heures totaux a augmenté de 29 % sur l'ensemble du territoire. C'est plus que le nombre de véhicules-kilomètres (+21 %), ce qui indique que les usagers doivent composer avec des vitesses plus faibles. Puisque Montréal est la sous-région la plus congestionnée, c'est là qu'on note l'écart le plus important entre la croissance du nombre de véhicules-heures (+25 %) et celle du nombre de véhicules-kilomètres (+13 %). Ce sont les couronnes qui enregistrent les plus fortes augmentations relatives du nombre de véhicules-heures : +40 % dans la couronne sud et +38 % dans la couronne nord. Cependant, en termes absolus, c'est la sous-région de Montréal qui détient le plus important accroissement, soit 29 500 véhicules-heures, dont 16 100 sur son réseau artériel (55 %).

Dans l'ensemble du territoire, l'augmentation du nombre de véhicules-heures de retard est de 54 % (+25 500), ce qui est considérable. On note une croissance relativement beaucoup plus importante sur la couronne nord (+97 %) mais pour seulement 1800 véhicules-heures de retard de plus. Rappelons que les deux couronnes demeurent peu touchées par la congestion, puisque les retards n'y représentent que 10 % des véhicules-heures totaux dans les deux sous-régions. Par type de route, l'augmentation de la congestion s'est davantage manifestée sur les autoroutes (+15 000 véhicules-heures) que sur les artères (+10 500 véhicules-heures), sauf à Montréal (+7500 sur les autoroutes et +8500 sur les artères). Le réseau de Montréal a donc récolté 16 000 des 25 500 véhicules-heures de retard supplémentaires (63 %).

La figure 14 montre comment la répartition des véhicules-kilomètres et des véhicules-heures de retard a évolué entre 1993 et 1998. La situation relative de Montréal a peu évolué entre 1993 et 1998; sa part des véhicules-heures de retard est demeurée à peu de chose près la même, passant de 63,8 % à 63,4 %, alors que sa part des véhicules-kilomètres a chuté de 45,6 % à 42,5 %. La Rive-Sud immédiate a également vu sa part des véhicules-heures de retard diminuer, passant de 16,9 % à 16,0 %. La situation de Laval a peu changé : les parts de véhicules-kilomètres et de véhicules-heures de retard sont restées stables, aux environs de 11 %. Les deux couronnes ont conservé leur situation privilégiée : leur part des véhicules-heures de retard n'est qu'une fraction de leur part des véhicules-kilomètres totaux.

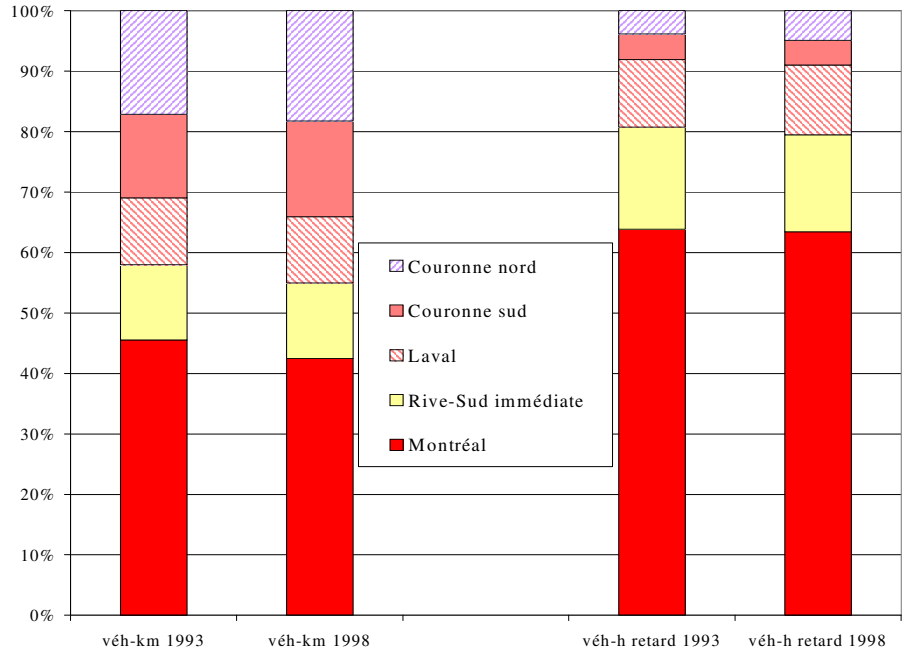


Figure 14 Évolution de la distribution du fardeau de la congestion, par sous-région, 1993-1998

En résumé, la demande telle qu'elle a été mesurée en déplacements auto-conducteur a augmenté de 17 % à la période de pointe du matin, entre 1993 et 1998. Toutefois l'offre, telle qu'elle a été mesurée en nombre de voies-kilomètres d'autoroutes n'a crû que de 3 % pendant la même période. Le nombre de véhicules-kilomètres a pour sa part augmenté de 21 %, ce qui indique que la distance moyenne parcourue s'est légèrement accrue. La croissance de la demande ayant donc largement surpassé celle de l'offre, la congestion s'est aggravée. Le nombre de véhicules-heures de retard, qui était de 47 100 en 1993, est passé à 72 600 en 1998, une augmentation de 54 %. La congestion a donc progressé à un rythme beaucoup plus élevé que tous les autres indicateurs. Toutefois, malgré ce qui apparaît comme une croissance importante de la congestion, la durée moyenne des retards n'a augmenté que d'une minute, passant de 3,3 à 4,3 minutes. La durée moyenne des déplacements en automobile (congestion incluse) est passée de 21,4 à 22,7 minutes entre 1993 et 1998, soit un accroissement de seulement 6 %. Parallèlement, la vitesse moyenne des véhicules diminuait de 43,8 à 42 km/h, une régression de 4 %.

Le nombre de voies-kilomètres congestionnés n'a augmenté que de 23 %, ce qui montre que l'accroissement des retards n'est pas uniquement attribuable aux nouveaux tronçons routiers congestionnés, mais que la situation s'est également détériorée sur les tronçons routiers qui étaient déjà congestionnés en 1993.

En termes absolus, c'est le réseau routier de l'île de Montréal qui a subi le gros de l'augmentation du nombre de véhicules-heures de retard entre 1993 et 1998, soit 16 000 véhicules-heures de retard de plus, ou 63 % du total. Montréal a continué à supporter la majorité du fardeau de la congestion (64 % des véhicules-heures de retard en 1993, 63 % en 1998), bien que sa part des véhicules-kilomètres ait diminué, passant de 45,6 % à 42,5 %. Toutes les autres sous-régions ont subi des augmentations de la congestion, mais les couronnes ont conservé leur position privilégiée : une part de la congestion largement inférieure à leur part des véhicules-kilomètres.

En fonction du type de lien routier, la congestion a crû plus rapidement sur le réseau autoroutier (+58 %) que sur le réseau artériel (+50 %). Il ne semble toutefois pas y avoir eu de modification significative de la répartition du fardeau de la congestion entre les autoroutes et les artères au cours de la période 1993-1998, la sous-région de Montréal se distinguant toujours par une répartition différente du poids de la congestion où la part dominante (55 %) appartient au réseau artériel, alors que cette dernière n'atteint que 43 % dans l'ensemble de la région.

3.2 L'évolution du coût de la congestion 1993-1998

Puisque les retards constituent l'essentiel des coûts socio-économiques de la congestion, soit 90 % (voir section 2.3 Coût socio-économique de la congestion récurrente), on formule l'hypothèse que le coût socio-économique de la congestion en 1993 peut être estimé sur la base de l'évolution des retards. Nous modulons cependant l'augmentation des retards pour tenir compte de l'impact possible de certains paramètres sur l'évolution des coûts :

- la répartition de la congestion entre les artères et les autoroutes;
- l'évolution des motifs de déplacement;
- l'évolution des retards par type de véhicule.

L'augmentation des retards a touché un peu plus les autoroutes que les artères mais, puisque le coût moyen d'une heure de retard sur artère (20,65 $) est presque identique au coût moyen d'une heure de retard sur autoroute (20,86 $), il n'y a pas lieu de faire de distinction.

Il en va de même pour la distribution des motifs de déplacement des automobilistes; il n'y a pas de variation significative de la valeur moyenne du temps des automobilistes, comme on peut le voir au tableau suivant où l'on calcule la valeur d'une heure de retard pondérée en fonction du motif, pour une personne dont le revenu moyen atteindrait 29 872 $[72] :

Tableau 25 Variation de la valeur d'une heure de retard pondérée par les motifs de déplacement, 1993-1998 ($1998)

Motif	1993	1998	Valeur horaire	Valeur horaire pondérée 1993	Valeur horaire pondérée 1998
Domicile-travail	63,4 %	64,9 %	16,60 $	10,52 $	10,77 $
Travail	5,2 %	5,7 %	19,96 $	1,04 $	1,14 $
Études	11,1 %	14,1 %	4,99 $	0,55 $	0,70 $
Autres	20,3 %	15,3 %	13,24 $	2,69 $	2,03 $
Total	100,0 %	100,0 %		14,80 $	14,64 $

Note : Les valeurs horaires sont basées sur un revenu de 29 872 $/an.

[72] Revenu de 27 500$ (1995), soit le salaire moyen associé à la classe de revenu de 25 000 $ à 29 999 $ (voir section 1.2.2 Coûts des retards).

Il n'y aurait que 1 % de différence entre la valeur horaire moyenne de 1993 et la valeur horaire moyenne de 1998.

La situation est différente en ce qui concerne la répartition des retards entre les automobiles et les camions; le nombre de véhicules-heures de retard pour les camions s'est accru de 66,7 % alors que l'augmentation est de 53,5 % pour les automobiles. Nous calculons donc rétroactivement le coût de la congestion en 1993 à partir des coûts de 1998, en nous basant sur l'évolution des véhicules-heures de retard par type de véhicule entre 1993 et 1998 :

Automobiles : 703,0 M$ en 1998 / (1+0,535) = 458,0 M$
Camions : 66,3 M$ en 1998 / (1+0,667) = 39,8 M$

Cela fait un total de 497,8 M$ en 1993, en dollars de 1998, pour un retard annuel de 23,5 M de véhicules-heures. Rappelons que l'étude de 1997 obtenait 502 M$ ($1997), mais pour un total de 34,2 M de véhicules-heures de retard, soit 45 % de plus. Cette première étude utilisait un concept de seuil de congestion différent et un modèle de simulation du réseau routier calibré sur une base différente.

Puisque le total atteignait environ 769 M$ en 1998, pour le territoire de 1993, on peut déduire que le coût socio-économique de la congestion aurait crû de 54 % entre 1993 et 1998. Pendant la même période, le coût de la congestion pour les entreprises a crû de 62 %, passant de 59[73] à 96 M$.

[73] Le total de 59 M $ est obtenu en faisant un calcul rétroactif à partir des coûts de 1998 (voir section 2.4) : 69,4 M $/1,667 + 27, 1 M $/1,535.

4. LA CONGESTION À MONTRÉAL, PAR RAPPORT AUX VILLES AMÉRICAINES DE TAILLE COMPARABLE

Quand il est question de congestion, la comparaison entre les agglomérations suscite généralement beaucoup d'intérêt. C'est toutefois un exercice plus difficile qu'il n'y paraît au premier abord parce qu'il nécessite la mise en place préalable d'une base commune de comparaison[74]. Cette base commune existe pour les villes américaines. En effet, le gouvernement fédéral américain a constitué depuis 1978, avec l'aide des États, une base de données sur les caractéristiques géométriques, l'achalandage et l'état du réseau routier. Cette base de données s'appelle *Highway Performance Monitoring System* (HPMS)[75]. Les données du HPMS sont mises à jour annuellement et elles servent notamment d'intrant pour les programmes d'aide fédéraux[76].

Lindley[77] a été l'un des premiers, en 1986, à utiliser la base de données du HPMS pour produire une estimation du niveau de congestion aux États-Unis. La méthode de Lindley consiste, brièvement, à :

- calculer la capacité de chaque section d'autoroute en fonction de ses caractéristiques physiques;
- estimer le débit de trafic de chacune des 24 heures de la journée en fonction du débit journalier moyen annuel (DJMA) et de distributions-types;
- calculer le rapport volume/capacité (V/C) afin d'estimer la vitesse théorique;
- calculer le retard récurrent et estimer la quantité de carburant supplémentaire consommée à cause de la congestion;
- calculer le retard attribuable aux incidents et estimer la quantité de carburant supplémentaire consommée à cause des incidents;
- calculer les coûts totaux aux usagers, sur la base d'une valeur du temps de 5 $US/heure, d'un taux d'occupation de 1,25 personne/automobile et d'un prix de l'essence de 1 $US/gallon US.

---

[74] On peut difficilement utiliser les modèles de simulation du réseau routier pour comparer les niveaux de congestion de différentes agglomérations, notamment parce que les modèles diffèrent très significativement d'une agglomération à l'autre.

[75] Voir : http://www.fhwa.dot.gov/policy/ohpi/hpms/index.htm

[76] On peut télécharger les données du HPMS à partir de l'adresse suivante : http://transtats.bts.gov/

[77] Voir : Jeffrey A. LINDLEY, *Quantification of Urban Freeway Congestion and Analysis of Remedial Measures*, Federal Highway Administration, Washington, D.C., October 1986, 33 p. Voir également, du même auteur : *A Methodology for Quantifying Urban Freeway Congestion*, Transportation Research Record 1132, p. 1-7, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1987.

Lindley n'a publié que les totaux pour l'ensemble des États-Unis pour l'année 1984, ainsi que les totaux projetés pour 2005, et il s'est limité au réseau autoroutier. La méthode de Lindley pour estimer les retards imputables aux incidents se base sur des taux d'occurrences par million de véhicules-milles, des durées moyennes des incidents et sur la géométrie du tronçon routier (nombre de voies et largeur de l'accotement).

Depuis 1989[78], le Texas Transportation Institute (TTI) a poursuivi le développement de cette approche et publie annuellement l'*Urban Mobility Report*[79], avec le soutien financier d'associations nationales. La version courante, *The 2003 Urban Mobility Report*, porte sur la situation de l'année 2001. L'estimation de la congestion est toujours dérivée des données du HPMS. Ce qui rend la publication annuelle du TTI particulièrement intéressante, notamment auprès des médias, c'est qu'on y fait un suivi de la progression de la congestion dans 75 agglomérations des États-Unis, dont les plus importantes, plutôt qu'un seul bilan national. L'*Urban Mobility Report* permet également d'évaluer l'évolution de la congestion depuis 1982.

Puisque *l'Urban Mobility* Report permettrait de classer Montréal par rapport aux agglomérations américaines de même taille, il a été décidé d'appliquer de manière exploratoire la méthode d'estimation de la congestion du TTI à l'agglomération de Montréal.

La section 4.1 décrit les grandes lignes de la méthodologie du TTI. La section 4.2 explique l'application de la méthode du TTI aux données de 1998 de Montréal. Finalement, la dernière section du chapitre compare les résultats obtenus pour Montréal à ceux des régions urbaines américaines de taille semblable et elle met en contexte le classement de Montréal.

[78] Les parutions du TTI remontent à 1984, mais elles ne traitaient que des villes du Texas.

[79] Le premier rapport traitant des principales agglomérations américaines s'intitulait : *Roadway Congestion in Major Urban Areas, 1982 to 1987*. Ses auteurs étaient James J. Hanks Jr. et Timothy J. Lomax. Le plus récent rapport traite des données de la période 1982-2001 et s'intitule *The 2003 Urban Mobility Report*. Ses auteurs sont David Schrank et Tim Lomax. Voir http://mobility.tamu.edu/

4.1 La méthode du Texas Transportation Institute

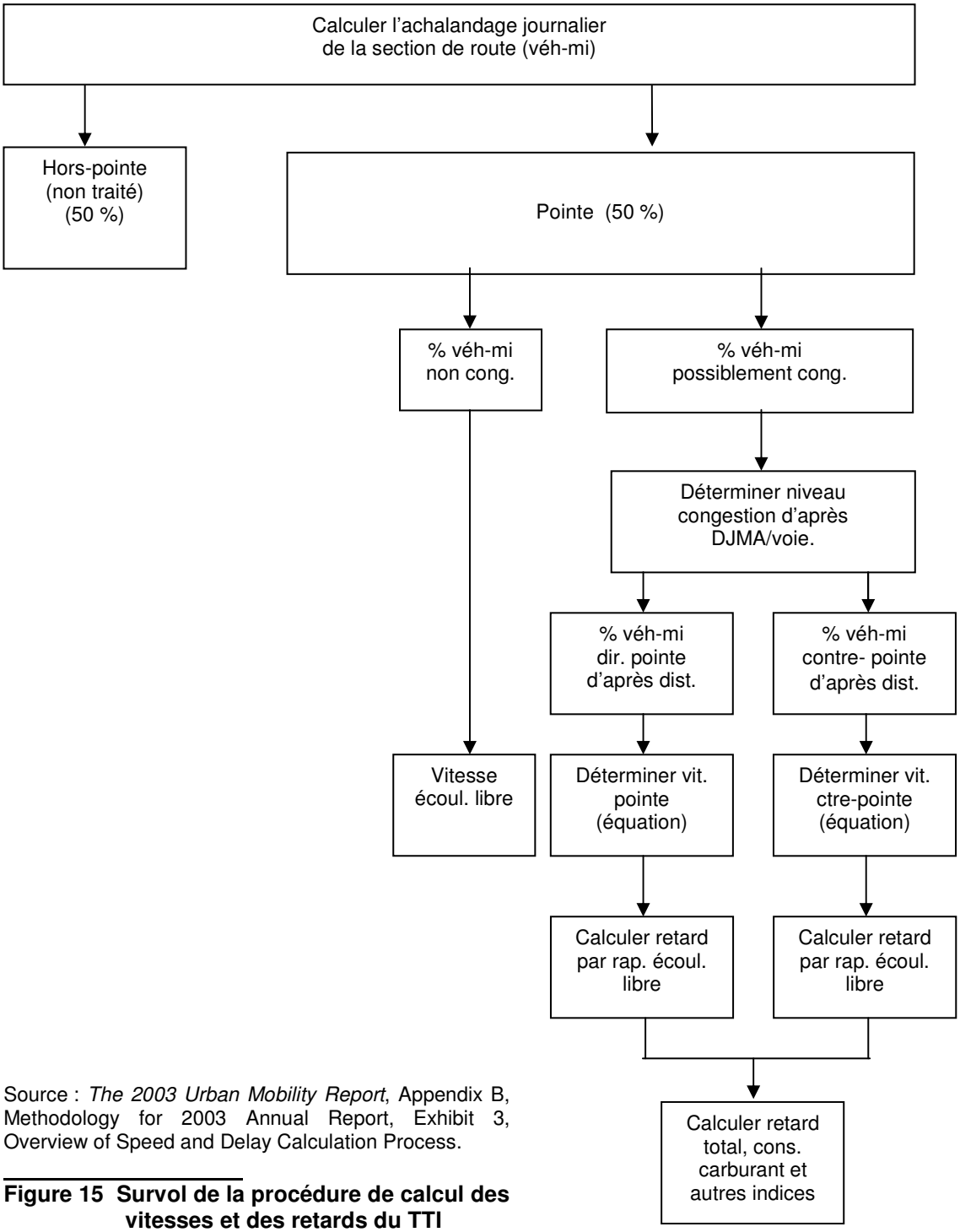
La méthodologie du TTI retient encore aujourd'hui les grandes lignes de la méthode de Lindley, bien qu'elle ait évolué.

Tel qu'il a été indiqué plus haut, le TTI traite 75 régions urbaines distinctes, dont 10 très grandes (plus de 3 millions d'habitants), 30 grandes (entre 1 et 3 millions d'habitants), 21 moyennes (de 500 000 à 1 million d'habitants) et 14 petites (moins de 500 000 habitants). Le découpage des agglomérations suit, en gros, celui des *Urban Areas* du U.S. Census Bureau. Il correspond à un territoire plus petit que celui des *Census Metropolitan Statistical Areas (CMSA)* [80].

La méthode du TTI traite à la fois les autoroutes et les artères principales[81] plutôt qu'uniquement les autoroutes. Cette méthode n'applique pas de distribution type pour trouver le débit de chaque tranche horaire, mais elle estime simplement la vitesse moyenne des 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 (96 km/h) sur les autoroutes ou 35 milles/heure (56 km/h) sur les artères est attribué à la congestion. Le TTI reprend la méthode et les paramètres de Lindley pour estimer les retards attribuables aux incidents, ainsi que la consommation supplémentaire de carburant. La méthode du TTI a conservé jusqu'à ce jour le taux d'occupation moyen de 1,25 personne/automobile proposé par Lindley. La figure 15 indique les principales étapes de la procédure du TTI, dans sa version courante.

[80] Le CMSA américain correspond à la RMR de Statistique Canada alors que l'*Urban Area* américaine correspond à la région urbaine (RU) canadienne.

[81] Les artères principales sont désignées par les États. Le gouvernement fédéral a produit à cet égard un guide à l'intention des États: *Highway Functional Classifications: Concepts, Criteria and Procedures*, FHWA, mars 1989.



Source : *The 2003 Urban Mobility Report*, Appendix B, Methodology for 2003 Annual Report, Exhibit 3, Overview of Speed and Delay Calculation Process.

Figure 15 Survol de la procédure de calcul des vitesses et des retards du TTI

Comme on peut le voir à la figure 15, la méthode du TTI estime que 50 % du DJMA utilise le réseau routier aux périodes de pointe du matin et du soir. L'*Urban Mobility Report* produit un certain nombre d'indices de mobilité, dont l'indice de congestion routière (ICR, *Roadway Congestion Index*) qui mesure, pour l'ensemble d'une agglomération, l'importance relative des tronçons dont la charge quotidienne dépasse 14 000 véhicules/voie sur les autoroutes et 5500 véhicules/voie sur les artères principales[82]. La formule de l'ICR est la suivante :

$$ICR = \frac{\left(\sum DJMA_{au} \times Lng_{au}\right)^2 \Big/ \sum Lng_{au} \times voies_{au} + \left(\sum DJMA_{ar} \times Lng_{ar}\right)^2 \Big/ \sum Lng_{ar} \times voies_{ar}}{14000 \sum DJMA_{au} \times Lng_{au} + 5\,500 \sum DJMA_{ar} \times Lng_{ar}}$$

où: DJMA : débit journalier moyen annuel de véhicules sur le tronçon
Lng : longueur du tronçon de route
voies : nombre de voies du tronçon de route
au : autoroute
ar : artère

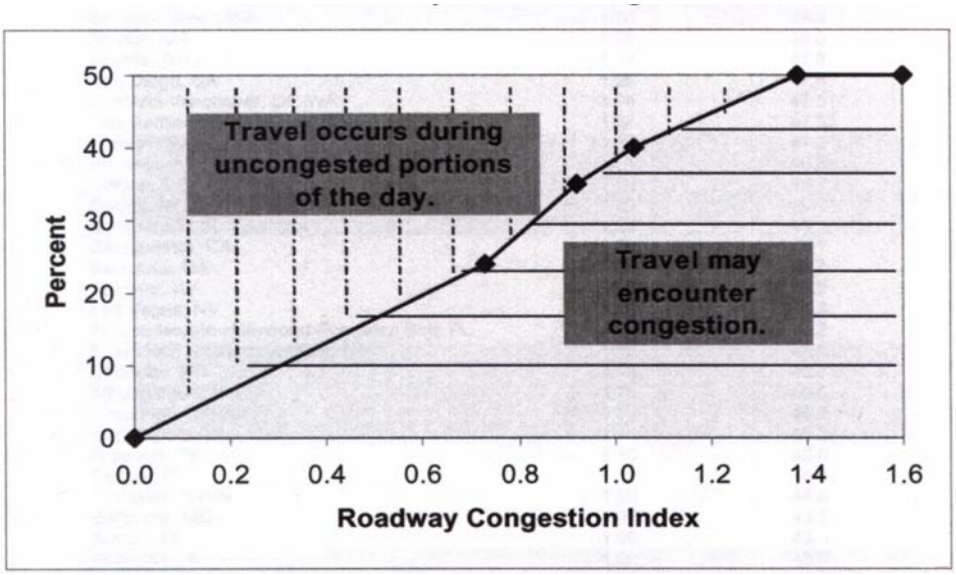
L'ICR est utilisé pour comparer le niveau de congestion entre les agglomérations, mais aussi pour déterminer la part du trafic de la période de pointe qui est susceptible d'être affectée par la congestion. On sait que plus le DJMA est élevé, plus la durée de la période de congestion est importante. La figure 16 montre la relation entre l'ICR et la part du DJMA qui est susceptible d'être affectée par la congestion, selon la méthode du TTI. Le calcul de l'ICR et la figure 16 servent à départager les véhicules-milles non congestionnés des véhicules-milles susceptibles d'être congestionnés, ce qui correspond à la troisième étape de la figure 15. Pour un ICR égal à 1, par exemple dans un réseau où tous les tronçons d'autoroutes et tous les tronçons d'artères auraient des DJMA respectifs de 14 000 et de 5500, la figure 16 indique que 40 % du DJMA serait susceptible d'être affecté 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 de la période de pointe, soit, dans ce cas, 10 % (50 % moins 40 %), serait considéré comme non affecté par la congestion.

[82] Le rapport du TTI publié en 1990 (*Roadway Congestion in Major Urban Areas 1982 to 1988)* utilisait des seuils légèrement inférieurs: 13 000 pour les autoroutes et 5000 pour les artères principales.

L'étape suivante consiste à déterminer le niveau de congestion de chaque lien. La méthode du TTI reconnaît cinq niveaux de congestion :

1. non congestionné;
2. modérée;
3. lourde;
4. sévère;
5. extrême.



Source: *The 2003 Urban Mobility Report*, Appendix B, Methodology for 2003 Annual Report, Exhibit B-4.

Figure 16 Détermination de la part du DJMA susceptible d'être affectée par la congestion

Le tableau 26 indique les plages de DJMA/voie qui correspondent à chacun des niveaux de congestion sur les autoroutes ou les artères.

Tableau 26 Détermination du niveau de congestion en fonction du DJMA/voie

Niveau de congestion	Artère	Autoroute
Non congestionné	Moins de 5500	Moins de 15 000
Modérée	5500-7000	15 001 – 17 500
Lourde	7001-8500	17 501-20 000
Sévère	8501-10 000	20 001-25 000
Extrême	Plus de 10 000	Plus de 25 000

Source : *The 2003 Urban Mobility Report*, Appendix B, Methodology for 2003 Annual Report, Exhibit B-6.

On peut noter une légère discordance avec la formule de l'ICR qui fixe le seuil de congestion à 14 000 véhicules/voie pour les autoroutes.

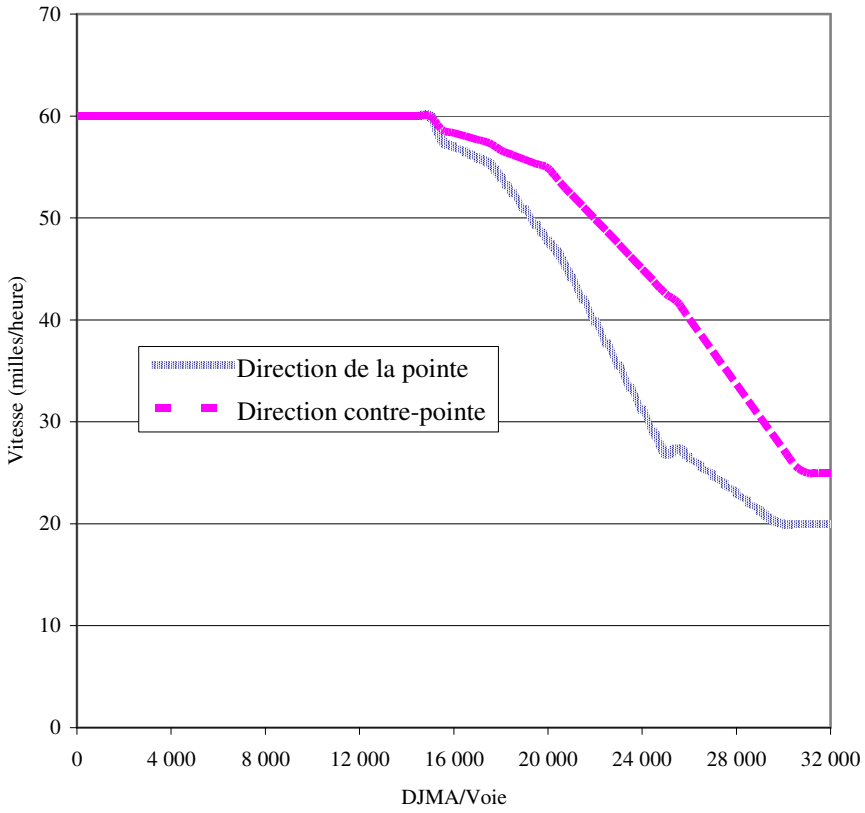
Une fois déterminé le nombre de véhicules-milles correspondant à chaque niveau de congestion, le DJMA/voie moyen pour chaque niveau de congestion est calculé en divisant la somme des véhicules-milles par la somme des voies-milles, et ce, pour chaque direction (pointe ou contre-pointe). La vitesse pour chaque niveau de congestion et chaque direction est ensuite déterminée. Les figures 17 et 18 illustrent la variation de la vitesse en période de pointe en fonction du DJMA/voie. Comme on pouvait s'y attendre, la vitesse estimée en direction de la pointe est généralement inférieure à la vitesse en sens inverse. On note cependant que les vitesses planchers sont relativement élevées, respectivement de 25 et 20 milles/heure pour les autoroutes (40 et 32 km/h) et de 27 et 25 milles/heure pour les artères (43 et 40 km/h). Ces dernières apparaissent particulièrement élevées, bien qu'il s'agisse de vitesses moyennes sur les liens.

La vitesse moyenne sur les autoroutes est calculée en faisant la moyenne pondérée des vitesses de chaque niveau de congestion. La même procédure permet d'obtenir la vitesse moyenne sur les artères. La vitesse moyenne sur l'ensemble du réseau est calculée en faisant la moyenne pondérée de ces deux dernières.

L'étape suivante, toujours selon la figure 15, consiste à calculer les retards par rapport aux vitesses à écoulement libre de 60 milles/heure sur les autoroutes et de 35 milles/heure sur les artères. La formule suivante permet d'obtenir le retard récurrent en véhicules-heures :

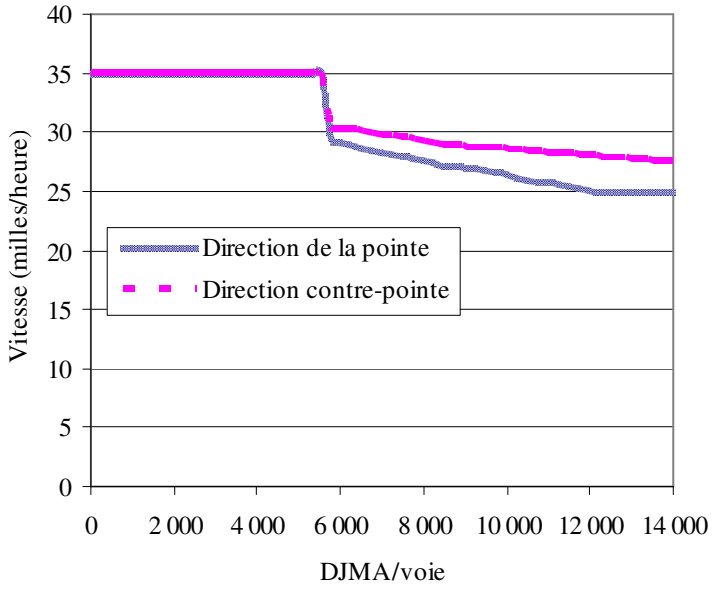
$$\text{Retard récurrent} = \left(\sum_{Dir.} \sum_{Niv_cong} \frac{véh. - mi}{vitesse} \right) - \frac{véh. - mi\ totaux}{vitesse\ écoul.\ libre}$$

À noter que le terme de droite correspond ici à un seuil de congestion équivalant à la vitesse à écoulement libre.



Source : *The 2003 Urban Mobility Report*, App. B, Methodology for 2003 Annual Report, Ex. B-7.

Figure 17 Détermination des vitesses en période de pointe à partir du DJMA/voie, autoroutes



Source : *The 2003 Urban Mobility Report*, Appendix B, Methodology for 2003 Annual Report, Exhibit B-8, p. 10.

Figure 18 Détermination des vitesses en période de pointe à partir du DJMA/voie, artères principales

Le retard incident est ensuite calculé. Selon la méthode du TTI, le retard incident est un multiple du retard récurrent. Il est fixé à 1,1 pour les artères et varie de 0,5 à 2,5 pour les autoroutes. 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, selon la méthode et les paramètres proposés par Lindley en 1986. Les autoroutes qui comptent un grand nombre de voies et de larges accotements sont en principe moins affectées par les incidents. La somme des retards récurrents et incidents des réseaux artériel et autoroutier donne le retard total.

L'indice du temps de déplacement (ITD, *Travel Time Index*) est une autre mesure du retard subi en situation de congestion. L'ITD se calcule en divisant le taux de déplacement (minutes/mille) moyen de la période de pointe par le taux de déplacement à l'écoulement libre (1 minute/mille pour les autoroutes où l'on suppose qu'on roule à 60 milles/heure). Le temps de déplacement à la période de pointe comprend ici les retards incidents.

Le tableau 27 donne le détail des paramètres qui permettent d'estimer les retards annuels, les retards par personne et par type de véhicule, ainsi que les coûts qui s'y rattachent. Ce sont les paramètres qui ont été utilisés dans *The 2003 Urban Mobility Report*, lequel traite spécifiquement les données de l'année 2001. Le coût du carburant varie d'une agglomération à l'autre. Il est tiré des données publiées par l'American Automobile Association.

Tableau 27 Paramètres d'annualisation des retards et d'estimation des coûts pour l'année 2001

Paramètre	Valeur utilisée
Taux d'occupation des véhicules	1,25 personne par véhicule
Nombre de jours de travail	250 jours de travail par année
Valeur du temps	13,25 $US par personne-heure
Coût d'utilisation des véhicules commerciaux	3,05 $US par mille
Composition du trafic	95 % voitures et 5 % camions

Source : *The 2003 Urban Mobility Report*, Appendix B, Methodology for 2003 Annual Report, Exhibit B-1.

La formule d'estimation de la consommation moyenne de carburant est celle qu'utilisait Lindley en 1986. Elle est attribuable à Raus (1981) et elle est basée sur le parc automobile de 1980 aux États-Unis :

consommation moyenne (mi/gallon) = 8,8 + 0,25* V

où : V est la vitesse moyenne en période de pointe sur l'ensemble du réseau

Le carburant gaspillé est calculé comme suit :

$$\text{Carburant gaspillé (gallons/jour)} = \frac{retard\ (véh-h/\ jour) * vitesse\ moyenne\ (mi/h)}{consommation\ moyenne\ (mi/gallon)}$$

Dans son rapport le plus récent (2003), le TTI présente des nouvelles procédures de calcul visant à prendre en considération l'impact de certaines mesures visant notamment à réduire la congestion :

- la gestion de l'accès aux bretelles d'entrée aux autoroutes (*ramp metering*);
- la gestion des incidents sur le réseau autoroutier;
- la coordination des feux de circulation;
- le transport en commun;
- les voies pour véhicules à taux d'occupation élevé.

Par exemple, les passagers-milles du transport en commun sont comptabilisés comme des déplacements non congestionnés dans le calcul de l'ITD. Les auteurs formulent l'hypothèse que, de façon générale, les transports en commun respectent les horaires publiés, et donc qu'un déplacement en transport en commun est l'équivalent d'un déplacement en automobile à l'écoulement libre (non congestionné). L'édition 2003 du rapport du TTI présente les résultats avec et sans l'application de ces procédures expérimentales. Nous avons choisi de ne pas compte de ces nouvelles procédures dans l'application de la méthode du TTI à Montréal, notamment parce que nous n'avons pas toutes les données nécessaires, particulièrement en ce qui concerne la coordination des feux de circulation.

4.2 L'application de la méthode du TTI à Montréal

Il n'y a pas au Canada ou au Québec d'équivalent du *Highway Performance Monitoring System* américain, ce qui permettrait l'application directe de la méthode du Texas Transportation Institute à l'agglomération de Montréal. Le Service des orientations stratégiques du MTQ maintient une banque de données semblable à celle du HPMS aux fins de monitoring 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 les problèmes suivants :

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

Les paragraphes suivants montrent comment ont été réglés ces quatre problèmes.

4.2.1 Estimation des DJMA

L'estimation des DJMA des autoroutes et des artères est basée sur les résultats de simulation du MOTREM. Une relation a d'abord été établie entre les débits simulés à la période de pointe du matin et les comptages 24 heures effectués durant l'enquête O-D 1998. Les facteurs résultants sont illustrés au tableau 28.

Tableau 28 Facteurs d'ajustement pour l'estimation de débits de circulation 24 h à partir des débits simulés (6 h-9 h)

	Auto	Camion lourd	Camion régulier
Autoroutes	5,03	4,71	4,88
Artères	5,01	4,69	5,11

Les valeurs obtenues doivent ensuite être multipliées par un facteur de 0,94 afin de transformer les volumes associés aux jours ouvrables d'automne (moment de l'enquête O-D) en volumes pour des jours moyens annuels.

De plus, puisque les débits à la période de pointe du matin sont utilisés et que les liens sont unidirectionnels, le résultat journalier pourrait être fort différent s'il était calculé à partir de la période de pointe du soir. Afin de pallier cette asymétrie, les matrices de demande ont été inversées de manière à simuler l'affectation d'une période de pointe du soir; un nouveau DJMA a été calculé et finalement la moyenne des deux DJMA a été calculée.

Les DJMA estimés ont été comparés avec un certain nombre de comptages afin d'évaluer la qualité de l'estimation. On dispose de comptages d'au moins 24 heures sur 468 liens du réseau routier de l'agglomération de Montréal[83]. Ces comptages ont été effectués pour la plupart durant l'automne 1998, soit la période pendant laquelle s'est déroulée l'enquête O-D. La figure 19 compare les comptages 24 heures et les DJMA estimés dans le contexte de la présente étude.

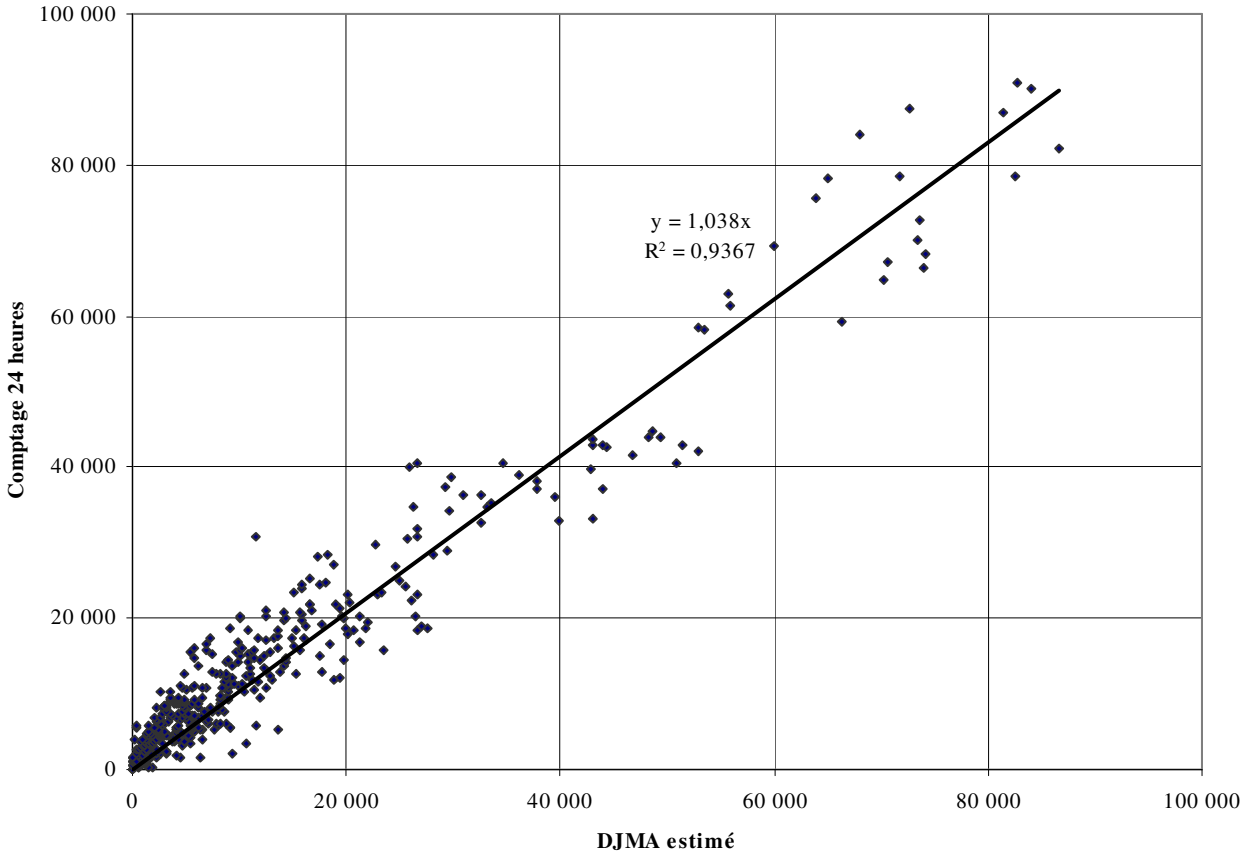


Figure 19 Comparaison des DJMA estimés et des comptages effectués durant la période de l'enquête O-D 1998

[83] A. BABIN, et C. RICHARD, *Recueil synthèse des comptages automnaux 1998 de la région de Montréal*, MTQ-SMST, 4 tomes, Montréal, mai 1999.

La pente légèrement supérieure à 1 de la droite de régression indique que le DJMA estimé est généralement inférieur au comptage. Pour les segments du réseau où le comptage 24 heures dépasse 20 000 véhicules, soit les endroits les plus susceptibles de connaître la congestion, 67 % des DJMA estimés sont dans la fourchette ± 20 %. On peut donc conclure que le DJMA estimé est acceptable aux fins du présent exercice exploratoire.

4.2.2 Harmonisation des définitions d'artères principales

Un document conjoint du MTQ et de la Communauté urbaine de Montréal (CUM)[84] a proposé une hiérarchie du réseau routier de la CUM qui comprend quatre catégories : les autoroutes, les artères principales, les artères secondaires et les collectrices. Le document définit ainsi les principales caractéristiques d'une artère principale :

- 4 à 8 voies;
- circulation contrôlée par des feux optimisés;
- vitesse affichée : 50 à 70 km/h;
- DJMA > 30 000 véhicules/jour.

Le MOTREM adopte la hiérarchie proposée. Le document produit par le FHWA pour guider les États dans l'établissement de la hiérarchie routière est peu explicite. Selon ce document, les artères principales doivent être espacées de 1 mille (1,6 km) dans les secteurs très denses à 5 milles (8 km) dans les secteurs peu denses, et la somme des véhicules-milles parcourus sur les autoroutes et les artères principales doit représenter de 40 à 65 %[85] du total. La longueur des autoroutes et artères, telle que mesurée en voies-milles, ne doit représenter que de 5 à 10 % de la longueur totale du réseau.

---

[84] MTQ- DIRECTION DE L'ÎLE-DE-MONTRÉAL ET COMMUNAUTÉ URBAINE DE MONTRÉAL, *Réseau routier hiérarchisé, Communauté urbaine de Montréal – 2000*, Proposition du comité CUM-MTQ, septembre 2000, disque compact.

[85] Dans le rapport du TTI de 1990, on montre que le pourcentage régional varie de 53 % (Villes du Sud des États-Unis) à 67 % (Villes de l'Ouest des États-Unis) (données de 1988).

Le réseau d'artères principales de la CUM semble s'accorder dans les grandes lignes au critère d'espacement du FHWA. En ce qui concerne la part des véhicules-milles, on note que les autoroutes et artères principales représentent environ 74 % des véhicules-milles du MOTREM, soit plus que la norme du FHWA, alors que la longueur des autoroutes et des artères principales représente environ 9,5 % de la longueur totale du réseau routier,[86] soit la limite supérieure du critère de la FHWA.

On peut donc conclure que les artères principales du MOTREM correspondent *grosso modo* à la notion d'artères principales du FHWA.

4.2.3 Détermination de l'équivalent montréalais du Urban Area

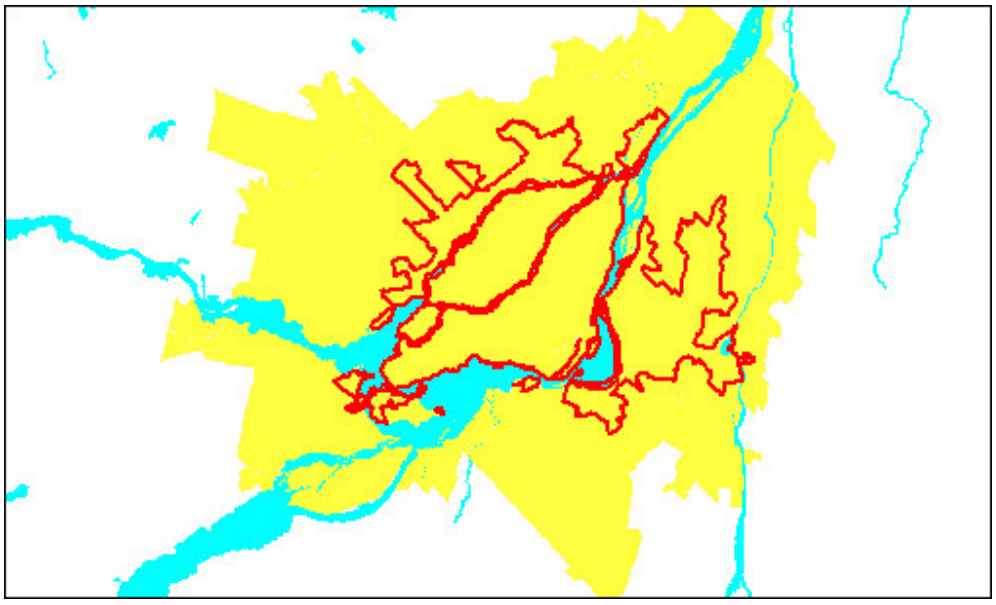
Statistique Canada a défini la région urbaine (RU) en suivant une définition équivalente à celle du U.S. Census Bureau[87].

La RU ainsi définie est délimitée par un trait rouge sur la figure 20, alors que la zone jaune représente le territoire de l'enquête O-D 1998 et du MOTREM.

On peut constater que la région urbaine est plus restreinte que le territoire couvert par l'enquête O-D 1998. La région urbaine compte 3 000 400 personnes, soit 86 % de la population du territoire de l'enquête O-D, et couvre un territoire de 1 443 km^2 (557 mi^2), soit seulement 27 % du territoire de l'enquête O-D.

[86] Estimation basée sur une étude de 1995 : MTQ-SMBD, *Étude sur la longueur du réseau routier dans la RMR de Montréal*, novembre 1995, non paginé.

[87] L'*Urban Area* comprend, en gros, tout le territoire dont la densité est d'au moins 1000 personnes/mille^2 alors que la région urbaine comprend tout le territoire contigu dont la densité atteint 400 personnes/km^2. Le critère américain est équivalent à 386 personnes/km^2.



Source : SMST-LR

Figure 20 Territoire de la région urbaine de Montréal vs territoire de l'enquête O-D 1998

4.2.4 Estimation du facteur des retards incidents pour les autoroutes

La méthode du TTI estime les retards incidents en multipliant le retard récurrent total par un facteur. Lindley a donné certaines explications concernant la façon dont il a calculé le taux, mais pas suffisamment pour permettre de faire le calcul pour Montréal. Il a donc été choisi de faire la moyenne des taux des grandes villes américaines (Montréal ferait partie de cette catégorie si elle était américaine) et de l'appliquer à Montréal; on obtient le résultat suivant : 1,4.

4.2.5 Résultats pour Montréal

Le tableau 29 regroupe les principaux résultats de l'application de la méthode du TTI à Montréal. Nous avons utilisé les données de 1998, soit l'année pour laquelle le coût socio-économique de la congestion a été estimé (voir le chapitre 2), mais les paramètres de coût de 2000. Les paramètres de coûts de l'année 2000 sont légèrement différents de ceux du tableau 27; la valeur du temps est de 12,85 $US/heure et le coût d'utilisation des camions est de 2,95 $US/mille. En ce qui concerne le coût du carburant, nous avons utilisé le coût moyen du gallon d'essence en 2000, soit 1,39 $US (0,55 $CAN/litre).

Les résultats indiquent que Montréal est relativement peu touchée par la congestion. Les vitesses moyennes calculées sur les artères et les autoroutes sont relativement élevées. Le retard récurrent calculé par la méthode du TTI atteint 11,8 M de personnes-heures par année, alors que nous avons obtenu 43,7 M d'heures avec notre méthode. Ainsi, la méthode du TTI apparaît utile pour comparer les villes entre elles, mais nous ne croyons pas qu'elle devrait être utilisée pour mesurer de façon absolue le coût de la congestion dans une ville en particulier.

Tableau 29 Résultats de l'application de la méthode du TTI à Montréal, données de 1998 et paramètres de coûts de 2000.

Indice	Résultat pour Montréal
Indice de congestion routière (ICR)	1,02
Vitesse moyenne sur les artères	31,4 mi/h
Vitesse moyenne sur les autoroutes	52,8 mi/h
Indice du temps de déplacement (ITD)	1,23
Retard récurrent	11,8 M personnes-heures/an
Retard incident	15,3 M personnes-heures/an
Retard total	27,1 M persones-heures/an
Coût annuel des retards aux personnes	330,5 M $US
Coût annuel des retards pour les camions	150,6 M $US
Carburant gaspillé	68,9 M $US
Coût de la congestion	550,1 M $US

4.3 Situation de Montréal par rapport à des villes américaines de même taille

Si Montréal faisait partie du palmarès de la congestion du TTI, son ICR de 1,02 la placerait au 40e rang[88], *ex æquo* avec Columbus (Ohio) et Jacksonville (Floride). L'ITD de Montréal, à 1,23, lui vaudrait la 35e place, *ex æquo* avec Saint Louis (Missouri), San Antonio (Texas) et Tacoma (Washington). Le coût total de la congestion, à 550 M$US, situerait Montréal au 25e rang, juste devant Sacramento (Californie). Ces chiffres sont intéressants mais peu éclairants.

Afin de mieux comparer la situation de Montréal à celle des villes américaines qui font partie du palmarès du TTI, seules les régions urbaines dont la population est comparable à celle de Montréal ont été retenues. Rappelons que la population de la région urbaine[89] de Montréal était de 3 M en 1996. On n'a donc retenu que les régions urbaines américaines dont la population se situe entre 2 et 4 M de personnes. Parmi les 75 régions urbaines traitées par le TTI, seulement 12 répondent à ce critère. Le tableau 30 illustre quelques indicateurs pertinents pour la comparaison de la situation des 13 régions urbaines. Ces dernières sont triées par ordre décroissant d'indice de congestion routière. Les données de Montréal sont celles de 1998 mais les données des villes américaines sont de l'année 2000.

Il est à noter que les deux régions urbaines de Washington et de Baltimore font partie de la même région métropolitaine de 7,6 M de personnes. Cette région métropolitaine est donc deux fois plus grande que celle de Montréal. La quatrième colonne du tableau 30 illustre d'ailleurs la population de la région métropolitaine dont fait partie la région urbaine. La *région métropolitaine* de Montréal, avec ses 3,5 M d'habitants, se situe au 9e rang, soit dans le dernier tiers du peloton de 13 agglomérations. La population de la *région urbaine* de Montréal (3 M) la situe au 5e rang.

L'examen du rang de Montréal pour les différents indicateurs montre à quel point Montréal est différente des villes américaines :

- Avec ses 557 mi^2 (1443 km^2), Montréal est la plus petite région urbaine, tout juste devant Miami-Hialeah (560 mi^2), et, de loin, *la plus dense*[90], avec près de 5400 personnes/mi^2, alors que la médiane se situe à 2300 personnes/mi^2, soit moins de la moitié;

[88] Dans l'approche du TTI, les rangs sont établis selon l'ordre décroissant des différents indices considérés. Ainsi, la région urbaine la plus congestionnée figure au 1er rang.

[89] On fait ici référence à la RU et non à la RMR.

[90] Parmi les 75 RU traitées par le TTI, seule la RU de Los Angeles a une densité équivalente à Montréal : 5600 personnes/mi^2.

Tableau 30 Situation de Montréal (1998) par rapport à des villes américaines de même taille (2000), en ordre décroissant d'ICR

Ville	ICR	ITD	Pop. CMSA (milliers)	Emploi CMSA (milliers)	Emplois /pers.	Pop. Urban Area (milliers)	Dep TC /personne /année	Superficie (mi2)	Densité pers./mi2	Automobiles /ménage	Véh-mi /jour milliers (autoroutes)	Voies-milles (autoroutes)	Voies-milles/ 1000 habitants (autoroutes)	Veh-mi/ voie-mi (autoroutes)
Washington, DC-MD-VA	1,35	1,46	7608	4076	0,536	3560	111	1030	3456	1,67	34 535	1885	0,53	18 320
Atlanta, GA	1,32	1,36	4112	2242	0,545	2975	50	1815	1639	1,64	42 940	2315	0,78	18 550
San Diego, CA	1,32	1,37	2813	1402	0,498	2710	25	755	3589	1,74	33 745	1795	0,66	18 800
Boston, MA	1,30	1,45	5819	3112	0,535	3025	113	1160	2608	1,62	22 890	1300	0,43	17 610
Miami-Hialeah, FL	1,28	1,45	3876	1869	0,482	2270	38	560	4054	1,51	13 585	750	0,33	18 115
Phœnix, AZ	1,27	1,40	3252	1698	0,522	2600	16	1120	2321	1,67	19 425	1030	0,40	18 860
Seattle-Everett, WA	1,23	1,45	3555	1827	0,514	2000	53	875	2286	1,71	22 455	1285	0,64	17 475
Minneapolis-St. Paul, MN	1,22	1,38	2968	1786	0,602	2475	28	1235	2004	1,59	27 095	1580	0,64	17 150
Dallas-Fort Worth, TX	1,10	1,33	5221	2820	0,540	3800	16	1920	1979	1,62	48 700	3150	0,83	15 460
Baltimore, MD	1,10	1,45	7608	4076	0,536	2170	47	750	2893	1,67	22 660	1475	0,68	15 365
Houston, TX	1,09	1,38	4670	2374	0,508	3375	28	1740	1940	1,62	37 900	2475	0,73	15 315
Saint Louis, MO-IL	1,03	1,23	2603	1303	0,501	2040	23	1130	1805	1,73	25 740	1780	0,87	14 460
Montréal, QC	1,02	1,23	3549	1787	0,504	3000	142	557	5386	1,18	19 297	1336	0,45	14 444
Rang de Montréal	13	12	9	9	10	5	1	13	1	13	12	9	10	13
Médiane	1,23	1,38	3876	1869	0,52	2710	38	1120	2321	1,64	25 740	1580	0,64	17 475
%médiane pour Montréal	83 %	89 %	92 %	96 %	96 %	111 %	375 %	50 %	232 %	72 %	75 %	85 %	69 %	83 %

* Baltimore et Washington font partie de la même CMSA, équivalent de la RMR

Sources : *The 2002 Urban Mobility Report*, U.S. Census Bureau, American Public Transportation Association, Bureau of Labor Statistics, Institut de la Statistique du Québec, *Enquête origine-destination 1998*, *Révision du cadre financier du transport en commun au Québec*

- Le taux d'utilisation du transport en commun y est, de loin, le plus élevé, soit presque *quatre fois* la médiane[91];
- Le réseau autoroutier de Montréal est un peu moins développé que dans la plupart des villes américaines avec un ratio de 0,45 voies-milles/1000 habitants, ce qui représente seulement 69 % de la médiane, mais il est *le moins achalandé*, avec seulement 14 444 véhicules-milles/voie-mille, derrière Saint Louis (14 460 véhicules-milles/voie-mille) et Houston (15 315 véhicules-milles/voie-mille);
- Montréal détient l'indice de congestion routière (ICR) *le plus bas* (13^{e} rang), avec 1,02, derrière Saint Louis, qui obtient un ICR à peine plus élevé : 1,03. L'indice du temps de déplacement (ITD) de Montréal est également le plus bas; il est de 1,23, *ex æquo* avec Saint Louis.

Le niveau de congestion de Montréal est donc le plus faible des villes américaines de taille comparable. Il est à peu près identique à celui de la région urbaine de Saint Louis, mais cette dernière compte seulement 2 M d'habitants, dans une région métropolitaine de 2,6 M. La population de la région métropolitaine de Saint Louis est la plus faible du groupe.

Montréal jouit donc d'une situation privilégiée par rapport aux villes américaines de taille comparable. La plupart de ces villes sont nettement plus congestionnées. La ville la plus congestionnée est Washington, avec un ICR de 1,35 et un ITD de 1,46. Rappelons toutefois que Washington fait partie d'une région métropolitaine comptant 7,6 M de personnes, ce qui est plus du double de la RMR de Montréal.

L'ICR est un indicateur de la durée et de l'intensité de la congestion urbaine. Typiquement, un ICR supérieur à 1 signifie que la période de temps où les réseaux sont congestionnés peut s'étendre à deux heures par période de pointe. Quant à l'ITD, il exprime pour la région de Montréal qu'un déplacement qui prendrait 20 minutes en période hors pointe prend près de 25 minutes en période de pointe, c'est-à-dire 1,23 fois plus de temps.

[91] Les données du tableau 29 sur l'achalandage du transport en commun sont tirées du site de l'American Public Transportation Association. Les données de Montréal sont tirées du rapport : *Révision du cadre financier du transport en commun au Québec*, Louis Bernard, décembre 2002. D'après ce rapport, l'achalandage du transport en commun dans l'agglomération de Montréal était de 425,9 M de passagers pour l'année 2000.

On peut avancer l'hypothèse que la bonne performance de Montréal tient, entre autres, à sa forte densité et à sa forme urbaine radiale, autrement dit, son étalement moindre qui réduit la longueur des déplacements et permet une desserte relativement concurrentielle en transport en commun. Montréal profite également de deux modes lourds de transport en commun, le métro et le train, alors que certaines des villes américaines n'ont que des autobus (Houston, Minneapolis-St. Paul, Phœnix). L'option transport en commun est aussi favorisée à Montréal par l'importance relative du centre-ville comme pôle d'emploi. Il y aurait au centre-ville, sur 12,1 km^2, environ 273 000 emplois, soit 15 % du total de la RMR[92]. En comparaison, l'agglomération de Boston ne dénombre que 258 000 emplois dans son centre-ville, soit seulement 8 % du total, bien qu'elle compte 64 % plus de population que la RMR de Montréal.

Le nombre de véhicules-milles par personne parcourus sur autoroute atteint seulement 6,4 à Montréal (10,3 véh-km/personne), soit un peu plus que le taux de Miami (6,0 véh-mi/personne). Rappelons que Miami est la région urbaine américaine la plus dense des 12 régions urbaines retenues. Le taux américain le plus élevé est de 14,4 (23,2 véh-km/personne) à Atlanta qui est justement la région urbaine la moins dense du groupe, c'est-à-dire la plus étalée; elle ne compte que 1639 personnes/mi^2 (633 personnes/km^2), soit 30 % de la densité montréalaise[93].

Le taux de possession automobile à Montréal n'atteint que 1,18 véhicule/logis, selon l'enquête O-D 1998. Il est beaucoup plus élevé dans les villes américaines. Dans le comté de Saint Louis, qui englobe une grande partie de la région urbaine du même nom, on trouve 1,73 véhicule/logis soit 47 % de plus qu'à Montréal[94]. Autres exemples : le comté de Miami-Dade a 1,51 véhicule/logis, le comté de King (Seattle) en a encore plus : 1,71 véhicule/logis, et le comté de Maricopa (Phœnix) se situe à 1,67 véhicule/logis. Les habitants des régions urbaines américaines sont donc nettement plus motorisés que les Montréalais. Cette autre disparité entre Montréal et les villes américaines n'est pas surprenante compte tenu du très haut taux d'utilisation du transport en commun à Montréal.

---

[92] D'après le site www.demographia.com/db-intlcbddens.htm. La taille du centre-ville de Montréal (12,1 km^2) semble toutefois plutôt grande, bien que les secteurs 1 (centre-ville) et 2 (périphérie du centre-ville) de l'Enquête origine-destination 1998 couvrent ensemble 12,8 km^2, sauf que le secteur 2 comprend les îles Ste-Hélène et Notre-Dame.

[93] Atlanta a connu la plus forte croissance démographique du groupe au cours de la période 1982-2000, sa population a crû de 85 %. La croissance démographique relativement faible de la région urbaine de Montréal au cours de la période 1981-1996 (le noyau urbanisé serait passé de 2,65 M à 3,0 M, soit +13 %) a pu « préserver » sa forte densité.

[94] Les données sont tirées du Recensement 2000 des États-Unis.
Voir : http://transportation.org/ctpp/home/default.htm pour les données et http://quickfacts.census.gov/qfd/ pour les cartes des comtés.

Le taux d'emploi relativement faible de Montréal, soit 0,504 emploi/personne (dans la RMR), pourrait également contribuer à alléger le réseau routier aux périodes de pointe. Seules Saint Louis, Miami et San Diego affichent un taux plus bas. Finalement, les salaires relativement bas des Montréalais favorisent également le choix du transport en commun; selon une étude de KPMG, Montréal est la ville de plus de 2 M d'habitants la moins chère pour les entreprises en Amérique du Nord[95].

[95] KPMG LLP, *Competitive Alternatives, Comparing Business Costs in North America, Europe and Japan*, January 2002, 64 p.

CONCLUSION

L'intensité de la congestion routière varie considérablement d'une grande ville à l'autre, mais aucune d'elles n'en est exempte. Nous avons vu qu'à Montréal, les usagers du réseau routier sont diversement affectés par la congestion. Certains d'entre eux ne le sont pas du tout (18 %), alors que d'autres subissent des retards récurrents de 20 minutes ou plus (14 %). Les adaptations des usagers qui subissent une congestion croissante couvrent un spectre tout aussi étendu. Quoiqu'il en soit, la congestion représente un coût socio-économique. Nous l'avons estimé en mesurant le temps supplémentaire de déplacement par rapport au seuil de 60 % de la vitesse à écoulement libre, puis en le multipliant par un taux horaire défini en fonction du motif du déplacement et du revenu de travail de chacun des usagers touchés.

Pour l'ensemble de l'agglomération urbaine de Montréal, le coût socio-économique de la congestion récurrente s'élevait à 779 M$ en 1998.

Le total de 779 M$ se compose avant tout (90,4 %, ou 704 M$) de retards subis par les automobilistes (conducteurs et passagers, 651 M$) et par les camionneurs (53 M$). La plupart des automobilistes subissant ces retards se déplacent entre leur domicile et leur lieu de travail ou d'études (588 M$).

Les composantes du coût socio-économique de la congestion récurrente autres que les retards ont une valeur nettement moins importante: les coûts supplémentaires d'utilisation des véhicules (7,0 % de 779 M$), les coûts supplémentaires de carburant (1,4 %), les émissions de polluants atmosphériques (0,8 %) et les gaz à effet de serre (0,4 %).

Les coûts (privés) de la congestion subis par les entreprises se montent à 96,5 M$, dont 69,4M$ (72 %) sont attribuables aux déplacements des camions.

Cette évaluation ne tient pas compte de l'ensemble des coûts qu'on pourrait associer à la congestion, notamment le coût de la congestion incidente, le coût des accidents, etc., ni des bénéfices présumés de la congestion comme la réduction de l'avantage comparatif de l'automobile par rapport au transport en commun.

La congestion est très inégalement distribuée sur le territoire de l'agglomération de Montréal. L'île de Montréal et la Rive-Sud immédiate sont beaucoup plus touchées que les autres sous-régions, alors que les couronnes nord et sud sont presque épargnées. Sous l'angle des catégories de routes, c'est le réseau autoroutier qui supporte la majeure partie des coûts de la congestion (56 %), mais la part du réseau artériel demeure importante (44 % des coûts). En chiffres absolus, c'est sur le territoire de l'île de Montréal que sont engendrées la grande majorité des heures de retard. Il en va de même pour les autres conséquences de la congestion : coûts d'utilisation des véhicules, émissions polluantes, etc.; le réseau routier de Montréal subit plus de 60 % des impacts de la congestion, et ce, davantage sur son réseau artériel (55 %) que sur son réseau autoroutier. La part du réseau routier de Montréal pourrait être encore plus grande si la congestion de la période de pointe du soir était estimée explicitement.

Montréal est la sous-région dont l'accessibilité est la plus affectée par la congestion. Dans Montréal, le centre-ville est le secteur de destination le plus touché par la congestion à la période de pointe du matin.

Entre 1993 et 1998, le coût de la congestion est passé de 498 M$ à 769 M$ (territoire comparable), une augmentation de 54 %, alors que la demande automobile n'augmentait que de 17 %. C'est que le réseau fonctionnait déjà à saturation dans les tronçons les plus sollicités et l'ajout, même faible, de demande à ces endroits a fait dégénérer rapidement la fluidité, et donc la vitesse de l'ensemble des usagers de ces corridors. Toutefois, malgré ce qui apparaît comme une croissance importante de la congestion, la durée moyenne des retards n'a augmenté que d'une minute, passant de 3,3 à 4,3 minutes.

L'application de la méthode d'estimation de la congestion du Texas Transportation Institute nous apprend que Montréal demeure toutefois privilégiée par rapport aux villes américaines de même taille, puisqu'elle est la moins congestionnée des 12 régions urbaines de 2 à 4 M d'habitants traitées par le TTI. La situation enviable de Montréal est vraisemblablement attribuable à sa très forte densité résidentielle, à l'achalandage particulièrement élevé de son réseau de transport en commun, lequel donne accès à un centre-ville qui concentre une part relativement élevée des emplois de l'agglomération, à son taux d'emploi plutôt faible et, possiblement, à ses bas salaires. On compte d'ailleurs nettement moins d'automobiles à Montréal que dans les villes américaines de même taille, ce qui est conséquent avec sa forte densité et son taux d'utilisation élevé du transport en commun.

ANNEXE A

Précisions sur les coûts socio-économiques de la congestion en 1993, tels que présentés dans l'étude de 1997

Le chiffre de 502 M$ publié en 1997 comme étant le coût de la congestion en 1993 ayant donné lieu à plusieurs interprétations erronées, voici quelques précisions sur sa véritable nature, compte tenu des diverses hypothèses adoptées à l'époque pour le calcul des coûts.

En premier lieu, les 502 M$ se répartissent en trois grandes catégories de coûts :

Les retards (ou temps excédentaire de déplacement)	401,1	(80 %)
Les coûts supplémentaires d'utilisation des véhicules	66,4	(13 %)
Les émissions supplémentaires de polluants	34,7	(7 %)
TOTAL	502,2	(100 %)

En deuxième lieu, la majeure partie du coût des retards, soit 304,3 M$ ou 60,6 % du total (502 M$), affecte les personnes qui font *la navette entre leur domicile* et leur lieu de travail ou d'étude. Il s'agit donc de la valeur pécuniaire du temps supplémentaire qu'ils auraient pu consacrer à d'autres activités personnelles plutôt qu'à se déplacer.

En troisième lieu, l'impact de la congestion en termes *d'heures de travail perdues* se chiffre plutôt à 94,3 M$, c'est-à-dire 18,8 % du grand total, dont 55,5 M$ pour *les personnes en situation de travail* lors de leur déplacement, ou 11 % du total, auxquels s'ajoutent 38,8 M$ de retards pour *les camions*, soit 7,8 % du total.

Finalement, en conséquence de l'évolution des connaissances et des outils de mesure, il appert que certaines des hypothèses adoptées en 1997 ont fait en sorte que, notamment:

- le total des véhicules-heures de retard pour l'année 1993 a été surestimé d'environ 45 % par rapport à la nouvelle évaluation réalisée dans le présent rapport (34,2 / 23,5 M véh-h);
- le poids relatif des heures de travail perdues par les personnes en situation de travail était 3,6 fois plus élevé pour l'année 1993 que pour l'année 1998 (11 % / 3,1 %).

ANNEXE B

Relation entre la congestion et les nuisances sonores

Les nuisances sonores représentent un inconvénient important des réseaux de transport urbains. La friction des roues sur la chaussée, les systèmes moteurs (accélération), le freinage ainsi que les klaxons sont autant de sources de bruits engendrés par les véhicules. L'effet du bruit sur les personnes se traduit par un stress ou des distractions qui réduisent la qualité de vie ou la qualité du milieu de travail des populations riveraines d'infrastructures de transport.

Il faut noter que l'impact des nuisances sonores dépend de l'exposition des gens à ces nuisances: si personne n'est exposé, et donc incommodé par le bruit, il n'y a pas de nuisance sonore. Toute analyse du bruit doit donc tenir compte du milieu récepteur. Au Québec, la période hivernale limite les impacts du bruit pendant plusieurs mois. Par contre, en milieu urbain dense, dès que les activités extérieures reprennent au printemps, il y a généralement des personnes qui subissent les impacts du bruit. L'impact dépend aussi de l'activité pratiquée par les gens au moment où ils sont exposés au bruit. Par exemple, le bruit représente une nuisance plus importante pour les zones résidentielles que pour des zones industrielles ou commerciales. Il faut aussi ajouter que même ceux qui se déplacent sur le réseau subissent les effets du bruit que leurs véhicules produisent; cette nuisance s'intègre au stress de la conduite.

Dans le contexte de la présente étude, nous nous sommes demandé s'il existait un lien entre la congestion et les nuisances sonores. Une revue de la littérature a donc été effectuée.

Selon la Federal Highway Administration[96], les niveaux de bruit émis par le trafic dépendent de trois facteurs principaux : le volume de trafic, la vitesse du trafic et la répartition des types de véhicules du parc, en particulier le nombre de camions. Ces facteurs agissent tous de façon proportionnelle sur la nuisance sonore. En outre, à titre d'indicateur, il est estimé qu'une augmentation du volume de trafic horaire d'un facteur dix double le niveau de bruit. Dans le cas de la vitesse du trafic, il faut un peu plus que la doubler pour doubler le niveau de bruit (de 30 à 65 milles à l'heure). Finalement, il est estimé que le bruit d'un camion allant à la vitesse de 55 milles/heure équivaut au bruit émis par 28 voitures allant à la même vitesse.

En conditions de congestion, les volumes de trafic sont élevés et les vitesses réduites. Ces deux facteurs peuvent donc s'annuler, au moins en partie. Cependant, les modèles mis au point prennent aussi en considération l'accélération des véhicules. En effet, un véhicule qui accélère est plus bruyant qu'un véhicule qui roule à vitesse constante puisque, lorsque le régime du moteur augmente, les explosions par seconde sont plus nombreuses et le moteur est conséquemment plus bruyant[97]. Donc, afin d'évaluer l'impact de la

---

[96] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, *Highway Traffic Noise*, 1992, www.fhwa.dot.gov/environment/htnoise.htm

[97] Marc DELUCCHI and Shi-Ling Hsu, *The External Damage Cost of Noise Emitted from Motor Vehicles*, Journal of Transportation and Statistics, October 1998.

congestion sur les nuisances sonores, il est nécessaire de déterminer clairement la relation complexe existant entre la génération de bruit, les volumes de trafic, les vitesses et les cycles d'accélération-décélération.

Certains modèles, tel que celui élaboré par Delucchi et Hsu[98], démontrent que la vitesse moyenne des véhicules est un facteur beaucoup plus important pour l'estimation des niveaux de bruit que la proportion de véhicules qui se déplacent à vitesse constante vs ceux qui sont en accélération.

Une étude réalisée dans la ville de Bangkok[99] a démontré la pertinence d'utiliser un modèle spécifique de génération de bruit pour le trafic urbain plutôt que des modèles qui s'appliquent aux conditions de trafic continu. Le bruit lors de l'arrêt et du départ des véhicules diffère du bruit du trafic continu. Cette recherche a permis de tester deux approches de modélisation du trafic urbain, l'une où l'accélération et la décélération étaient intégrées et l'autre dans laquelle elles étaient séparées. Les auteurs ont pu conclure que l'approche séparée permettait d'obtenir de meilleures prévisions de niveau de bruit associé au trafic.

Cette étude, ainsi que les autres documents consultés, ne statue pas sur l'importance des nuisances sonores en conditions de congestion comparativement aux conditions de non-congestion. Elle apporte toutefois des précisions méthodologiques qui confirment que les conditions de congestion ou de trafic urbain ne se modélisent pas de la même manière que le trafic à écoulement libre.

Finalement, afin de valider la pertinence de cette question, le Service de l'inventaire et du plan de la Direction de l'Île-de-Montréal a analysé des relevés de bruits faits durant toute la journée à proximité d'autoroutes de la région de Montréal. Il en ressort que la congestion est plutôt de nature à entraîner des diminutions des niveaux de bruit. Cela est toutefois compensé par la circulation en sens inverse qui demeure relativement importante en termes de volume et qui maintient généralement une vitesse élevée. Compte tenu de cette constatation, il a été décidé de ne pas procéder à une évaluation des coûts associés aux nuisances sonores, laquelle ne démontrerait rien de concluant.

---

[98] Delucchi, Marc and Shi-Ling Hsu, *op. cit*.

[99] Pichai PAMANIKABUD et Chaisri THARASAWATPIPAT, *Modeling of Urban Area Stop-And-Go Traffic Noise*, Journal of Transportation Engineering, volume 125, n° 2, 1999, p. 152-159.

ANNEXE C

Principales différences entres les réseaux routiers codifiés du MOTREM 93 et du MOTREM 98

Île de Montréal

Axe	De :	À :	1993	1998
Avenue Souligny	Rue Dickson	Autoroute 25	absent	2voies par direction, sauf tronçon de 350 mètres à l'est de la rue Dickson en direction est : 1 voie seulement
Boulevard Henri-Bourassa Est	Boulevard Langelier	Autoroute 25	2 voies par direction	3 voies par direction
Boulevard Henri-Bourassa Est	Autoroute 25	Autoroute 40	1 voie par direction	3 voies par direction
Boulevard Saint-Michel	Atoroute 40	Boulevard Industriel	3 voies par direction	2 voies par direction
Boulevard Pie-IX	Rue Beaubien	Boulevard des Grandes-Prairies	2 voies vers le nord	3 voies vers le nord
Boulevard Pie-IX	Rue Sainte-Catherine	Rue Hochelaga	3 voies vers le nord	2 voies vers le nord
Rue Dickson	Rue Notre-Dame	Rue Hochelaga	3 voies vers le sud	2 voies vers le sud
Rue Hochelaga	Rue Dickson	Avenue Haig(branche-ment avec avenue Souligny	3 voies par direction	2 voies par direction
Autoroute 20	Avenue Woodland	Avenue Morgan	Courbe volume-délai no 15 (voie express)	Courbe volume-délai no 13 (autoroute)
Autoroute 15	Boulevard Henri-Bourassa	Boulevard Salaberry	3 voies	4 voies
Rue Sherbrooke Est	Rue D'Iberville	Autoroute 25	3 voies vers l'est	2 voies vers l'est

Laval

Axe	De :	À :	1993	1998
Autoroute 13	Pont Louis-Bisson entre Laval et Montréal		3 voies vers le sud	4 voies vers le sud
Échangeur Autoroute 13/Autoroute 440			absente	Bretelle Autoroute 13 nord vers Autoroute 440 ouest
Autoroute 19	Boulevard Dagenais	Couronne nord	absent	absent
Autoroute 15	Boulevard Cartier	Boulevard Saint-Martin	3 voies vers le nord	4 voies vers le nord
Autoroute 440	Autoroute 13	Boulevard Industriel	Pas de voies rapides	3 voies par direction
Avenue des Bois (axe Autoroute 440)	Rue Principale	Autoroute 13	absent	1 voie par direction
Autoroute 25	Montée Saint-François	Montée Masson	2 voies par direction	3 voies par direction
Rue Dagenais	Autoroute 15	Boulevard Le Corbusier	absent	2 voies par direction

Couronne nord

Axe	De :	À :	1993	1998
Autoroute 640			absent	Échangeur 35 à Terrebonne
Autoroute 640	Autoroute 13	Boulevard de la Grande-Allée	2 voies par direction	3 voies par direction
Autoroute 40	Boulevard Larochelle	Boulevard Industriel	3 voies par direction	2 voies par direction

Rive-Sud immédiate et Montérégie

Axe	De :	À :	1993	1998
Boulevard Sir-Wilfrid-Laurier (116)	Boulevard Taschereau	Chemin Chambly	2 voies par direction(vdf=23)	3voies par direction (vdf=15)
Autoroute 30	Autoroute 15	Autoroute 10	absent	2 voies par direction
Boulevard Sir-Wilfrid-Laurier (116)	Autoroute 20	Avenue Victoria	2 voies par direction	3 voies par direction