



Transport
Canada

Transports
Canada

LE COÛT DE LA CONGESTION URBAINE AU CANADA

**Transports Canada
Affaires environnementales**

**Mars 2006
(version révisée en juillet 2007)**



TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE.....	i
1. Introduction.....	1
2. Introduction à la congestion.....	2
3. Efforts déployés par le passé pour évaluer les coûts de la congestion au Canada.....	4
4. Nature et causes de la congestion routière dans les zones urbaines.....	5
5. Définition de la congestion	6
Introduction à la définition de la congestion.....	6
Approche d'ingénierie vers une définition de la congestion	7
Enjeux économiques : les externalités de la congestion	7
Enjeux économiques : tarification économiquement efficiente.....	7
6. Approches pour mesurer la congestion récurrente	8
Texas Transportation Institute	8
Ministère des Transports du Québec.....	9
Transport Canada.....	10
7. Sources de données et champ d'application	10
Sources de données.....	10
Définition des autoroutes et des artères	11
Champ d'application.....	11
8. Éléments des coûts de la congestion	12
Perte de temps.....	13
Carburant gaspillé.....	14
Émissions de gaz à effet de serre	16
9. Indices de congestion utilisés dans cette étude	17
10. Principales conclusions de l'étude sur les coûts liés à la congestion dans les zones urbaines du Canada.....	18
Coûts de congestion totaux.....	18
Coûts de la congestion attribuable aux délais.....	19
Coût de la consommation de carburant lié à la congestion.....	19
Coût des émissions de GES attribuables à la congestion.....	20
Comparaison avec les études de Montréal et de Vancouver.....	21
Comparaison avec les études Américaines	22
11. Recommandations pour des recherches futures	22
12. Conclusions.....	23
Références.....	26

SOMMAIRE

Dans le cadre de l'étude intitulée *Le coût de la congestion urbaine au Canada*, réalisée par Transports Canada, des indices de congestion pour les neuf plus grandes zones urbaines du Canada ont été élaborés (d'est en ouest, les agglomérations concernées étaient : Québec, Montréal, Ottawa-Gatineau, Toronto, Hamilton, Winnipeg, Calgary, Edmonton et Vancouver). Cette étude est centrée sur l'identification de la congestion récurrente aux périodes de pointe; c'est-à-dire la congestion attribuable au nombre important d'automobilistes qui se déplacent aux périodes de pointe du matin et du soir. La recherche a exigé l'élaboration d'une méthode commune pour mesurer la congestion à partir des données des modèles de simulation de la demande de déplacements disponibles pour chaque zone urbaine. Bien que les modèles de simulation de trafic donnent tous le même type de résultats (c'est-à-dire les simulations de déplacement des véhicules), des différences entre eux quant à la structure et aux méthodes ont été mises en lumière. Ces différences sont assez importantes pour rendre impossible une comparaison directe de la congestion entre les neuf zones urbaines. Toutefois, les indices et les mesures de la congestion développés dans le cadre de cette recherche peuvent être particulièrement utiles aux autorités urbaines et provinciales de transport, individuellement, dans le cadre de leur planification et l'élaboration de leurs politiques et, s'ils sont estimés périodiquement au cours d'une certaine période de temps, pour dégager des tendances.

L'analyse de la congestion tient de deux approches principales : l'une basée sur les principes de l'ingénierie et l'autre basée sur les principes économiques. Dans l'étude susmentionnée, ces deux approches ont été considérées, mais son design repose davantage sur les principes de l'ingénierie quant à la définition et l'élaboration des indices de congestion et pour l'estimation des coûts sociaux de la congestion, associés au temps perdu, à la consommation de carburant et aux émissions de gaz à effet de serre (GES). L'approche se fonde sur les principes physiques qui lient le débit de véhicules et la vitesse de la circulation à la capacité de la route (mesurée en véhicules par heure). Cette approche est différente de l'approche économique qui consisterait à estimer la « perte sèche » ou la perte à la société rattachée à l'utilisation excessive des routes, en raison de l'absence de l'établissement du prix adéquat pour l'utilisation de l'infrastructure routière, prix qui représenterait le coût social de la congestion, y compris les coûts environnementaux et externes de la congestion. L'approche économique reconnaît qu'il y a un temps « optimal » de retard (à savoir un niveau de congestion efficace du point de vue économique) causé par les nuisances entre les usagers et qu'une certaine partie des coûts de la congestion est déjà internalisée pour certains utilisateurs.

L'étude a permis d'estimer que le coût total annuel de la congestion, exprimé en valeur monétaire de 2002, se situe entre 2,3 milliards de dollars et 3,7 milliards de dollars pour l'ensemble des principales agglomérations urbaines du Canada. Plus de 90 p. 100 de ces coûts représentent la valeur du temps perdu dans la congestion pour les usagers automobiles (conducteurs et leurs passagers). Le reste représente la valeur du carburant excédentaire consommé (environ 7 à 8 p. 100) et les GES émis dans les conditions de congestion (environ 2 à 3 p. 100).

Soulignons que ces estimations des coûts de la congestion sont conservatrices, notamment parce que les contraintes liées aux données disponibles n'ont pas permis l'inclusion des coûts associés à la congestion incidente (c'est-à-dire la congestion

entraînée par des événements aléatoires, tels que des intempéries, des accidents, des véhicules en panne et autres incidents), au transport des marchandises, à la congestion pendant les heures creuses et d'autres coûts liés à la congestion, tels que les polluants atmosphériques, les accidents de la route, le bruit et le stress. Des données additionnelles seraient requises pour établir et quantifier les relations entre ces éléments et les situations de congestion.

Certaines autorités canadiennes ont mesuré et évalué les coûts qu'entraîne la congestion dans des agglomérations urbaines spécifiques. Cependant, les méthodes et les données étaient variées. La présente étude réalisée par Transports Canada (TC) présente la première analyse systématique de la congestion urbaine au Canada. À cet égard, elle représente une grande contribution à notre compréhension de la congestion urbaine au Canada¹.

¹ L'étude a été conduite par une équipe d'experts-conseils de la Delcan International Corporation (société d'experts-conseils principale), d'iTRANS Consulting Inc. et des Conseillers ADEC.

LE COÛT DE LA CONGESTION URBAINE AU CANADA

1. Introduction

Le présent document présente un résumé de l'étude réalisée par Transports Canada sur les coûts de la congestion urbaine au Canada. Le contenu est tiré des principaux constats et conclusions de l'étude. L'objectif de cette publication est d'offrir au lecteur un aperçu bref mais complet de la congestion urbaine au Canada.

L'objectif de l'étude sur les Coûts de la congestion au Canada était de :

- Développer des indicateurs et des mesures de la congestion;
- D'estimer les impacts et les coûts de la congestion; et,
- D'appliquer les indicateurs et les mesures aux neuf principales agglomérations urbaines du Canada (d'est en ouest : Québec, Montréal, Ottawa-Gatineau, Toronto, Hamilton, Winnipeg, Calgary, Edmonton et Vancouver).

Ces neuf régions urbaines représentent un peu plus de la moitié, soit 51 p. cent de la population du Canada en 2003².

Cette étude s'est concentré sur l'identification de la congestion récurrente aux périodes de pointe; c'est-à-dire la congestion attribuable au nombre important d'automobilistes qui se déplacent aux périodes de pointe du matin et du soir.

L'étude reconnaît l'existence de deux approches pour analyser la congestion : l'approche basée sur les principes d'ingénierie et l'approche basée sur les principes économiques. L'étude met l'emphase sur l'approche basée sur les principes d'ingénierie, laquelle exploite les relations directes et physiques de la congestion, selon les principes scientifiques qui lient le débit de véhicules, la vitesse et la densité de la circulation à la capacité de la route. L'approche économique estimerait quant à elle le coût de la congestion comme la « perte sèche » ou la perte pour la société associée à l'utilisation excessive des routes attribuable à l'absence de tarification appropriée.

Le présent document est organisé ainsi :

- La partie 2 introduit le concept de la congestion;
- La partie 3 présente un bref aperçu des efforts déployés dans le passé par les autorités de transport provinciales et régionales afin de mesurer le coût de la congestion urbaine sur leur territoire;
- La partie 4 décrit les deux principaux types de congestion (récurrente et incidente);
- La partie 5 définit la congestion en fonction des principes d'ingénierie qui lient le débit de la circulation à la capacité routière. Cette partie traite aussi de l'interprétation économique de la congestion à titre de coût externe et ses répercussions aux fins de l'évaluation des coûts de la congestion;

² *Statistiques démographiques annuelles*, Statistique Canada, 91-213-XPB.

- La partie 6 porte sur les sources de données utilisées pour cette étude;
- Dans la partie 7, on décrit les trois éléments principaux des coûts de la congestion pris en compte dans l'étude, à savoir le temps perdu, le carburant gaspillé et les émissions supplémentaires de gaz à effet de serre;
- La partie 8 présente les différents indices établis pour la congestion routière;
- Dans la partie 9, sont présentées les estimations des divers éléments du coût de la congestion couverts dans l'étude;
- La partie 10 donne un résumé des grandes recommandations tirées de l'étude, quant aux données liées à la congestion et aux besoins en matière de modélisation;
- Enfin, la partie 11 présente les conclusions et les dernières observations, ainsi qu'une mise en contexte quant à la croissance de la congestion routière au Canada basée sur les principaux facteurs d'influence.

2. Introduction à la congestion

La « congestion » est communément citée comme un mal majeur et grandissant dans les milieux urbains. De nombreux conducteurs canadiens se retrouvent chaque jour dans la congestion et les embouteillages, bien que son importance et sa fréquence varient d'un endroit à l'autre. Les autorités urbaines, régionales et provinciales de transport s'appliquent à gérer cette problématique au moyen d'une vaste gamme de mesures.

Mais qu'entend-t-on exactement par « congestion »? Comment peut-elle être mesurée? Quels en sont les coûts pour les personnes, les entreprises et l'ensemble de la société? Individuellement, les conducteurs n'interprètent pas tous de la même façon le sens de la congestion et n'en n'ont pas la même perception. Pour certains, il s'agit d'un véritable embouteillage avec des arrêts complets et de longs retards. Pour d'autres, il s'agit plutôt d'une situation où l'on avance lentement, pare-chocs à pare-chocs ou plus généralement, où on se déplace à une vitesse inférieure à la limite permise.

La présente recherche aborde deux questions principales quant au coût de la congestion urbaine au Canada.

- Pourquoi est-il important de comprendre la congestion?
- Comment mesurer la congestion dans tous ses aspects?

Ces deux questions doivent être posées dans un contexte où les autorités urbaines et provinciales des transports développent des solutions potentielles à la congestion.

- Pourquoi est-il important de comprendre la congestion?
 - La recherche aux États-Unis (É.-U.) et en Europe a démontré qu'une compréhension de la congestion (ce qu'elle signifie et la façon de la mesurer) est fondamentale afin que les autorités de transport urbain soient en mesure d'apporter des solutions au problème de la congestion. Par conséquent, cette étude ne représente qu'une première étape, mais il s'agit d'une étape importante à cet égard. Elle propose une méthodologie que les municipalités canadiennes pourraient utiliser afin d'élaborer leur propre

estimation des coûts de la congestion. Dans la mesure où des données sont recueillies régulièrement, un suivi de la situation et des tendances pourrait être réalisé.

- Il s'ensuit qu'une compréhension des coûts de la congestion, à savoir la manifestation des répercussions de la congestion sur les voyageurs et l'ensemble de la société, permet l'élaboration de solutions possibles dans le contexte général des objectifs urbains, tels qu'une qualité de vie accrue et une augmentation de la productivité, entre autres.
- L'intérêt porté à l'évaluation de la congestion et aux coûts qui y sont associés ne suppose pas que la seule « solution » consiste en la construction d'autres routes et autoroutes par les autorités de transport. Le développement d'indices de congestion pourrait améliorer sensiblement le processus de prise de décision et pourrait contribuer au développement durable des systèmes de transport, particulièrement en milieu urbain. Les mesures de la congestion pourraient offrir un outil de base permettant de comprendre et d'incorporer explicitement la congestion dans le cadre des évaluations des plans de transport des autorités urbaines, incluant les projets et politiques de transport en commun, de gestion de la demande de transport ou d'autres alternatives à l'automobile, de même que la construction de routes.
- Comment mesurer la congestion dans tous ses aspects?
 - Un produit clé de cette étude est l'élaboration d'une méthode permettant aux autorités de transport d'évaluer, de la même manière, les bénéfices d'une réduction de la congestion attribuable à des mesures alternatives de transport. Tel que décrit ci-après, la méthode quantifie les pertes de temps attribuables à la congestion, de même que le carburant supplémentaire consommé et les gaz à effet de serre supplémentaires générés en situation de congestion.
 - Différentes approches peuvent être utilisées pour quantifier la congestion. Les travaux du Texas Transportation Institute bien connus sous le titre de « Urban Mobility Report » mettent l'accent sur la comparaison des conditions de congestion entre les villes américaines. Cette comparaison est rendue possible grâce à la disponibilité d'une base de données commune disponible à l'échelle nationale. Cependant, il n'existe pas de base de données équivalente au Canada; de plus, l'approche américaine a fait l'objet de critiques par certains qui jugent qu'elle masque des différences essentielles entre les régions urbaines. En conséquence, l'approche adoptée dans le cadre de la présente recherche exploite les données et les outils disponibles localement et reconnaît leurs différences. Cela permet quelques comparaisons, mais en limite la portée; en contrepartie, l'approche choisie permet la considération de plusieurs perspectives et outils que les autorités locales peuvent appliquer directement à leurs propres analyses et plans. L'approche a aussi pris en considération les besoins spécifiques des spécialistes du domaine du

transport au Canada; notamment, la prise en compte de l'impact de la congestion sur les transports en commun.

3. Efforts déployés par le passé pour évaluer les coûts de la congestion au Canada

Tous les paliers de gouvernement reconnaissent qu'il est important d'aborder la question de la congestion dans la perspective de la mise en œuvre des plans de transport urbain et de l'atteinte des objectifs du transport durable, à l'échelle nationale, provinciale et locale. Cependant, la capacité de mesurer la congestion, c'est-à-dire de la chiffrer et de lui donner une valeur, est une première étape fondamentale si on veut aborder cet enjeu.

Le Canada ne détient pas d'estimé national de la congestion. Quelques initiatives isolées de mesure du coût de la congestion pour des zones urbaines particulières ont été réalisées par le passé, mais il ne se fait pas de mesures régulières de la congestion.

Les trois études suivantes sont d'intérêt :

- Une étude datée de 1987 a estimé que le coût de la congestion pour l'industrie du camionnage des marchandises dans le territoire qui représente l'actuelle ville de Toronto et dans la région adjacente de Peel (laquelle détient l'une des plus grandes concentrations d'activités génératrices de transport de marchandises) est de l'ordre de 2 milliards de dollars chaque année.³
- En 1996, Transports Canada a estimé que le coût de la congestion dans la grande région de Vancouver était de 1,2 milliards de dollars par année. Ce coût comprend 0,7 milliard de dollars pour les déplacements des personnes en automobile, et 0,5 milliard de dollars pour le transport des marchandises. Cette estimation a été réalisée à partir du modèle de prévision régional de la demande en transport, en tenant compte des temps additionnels de déplacements, des coûts de fonctionnement des véhicules et du carburant supplémentaires. Les coûts de fonctionnement des camions ont été dérivés des données de la BC Trucking Association. Un estimé de 1999, basé sur de nouvelles données portant sur les caractéristiques des déplacements des camions porte le coût total de la congestion à 0,8 à 1,5 milliards de dollars (incluant les automobiles et les camions).
- De loin les estimations les plus complètes des coûts de la congestion sont celles réalisées par le ministère des Transports du Québec (MTQ) pour la région de Montréal. La première étude a permis d'estimer le coût économique de la congestion routière à environ 502 millions de dollars par année, en valeur monétaire de 1997 (sur la base des données de 1993). Le coût de la congestion comprenait trois éléments principaux : les coûts reliés au temps supplémentaire de transport (pertes de temps excessives pendant les périodes de congestion); les coûts de fonctionnement des véhicules en situation de congestion (carburant, huile, usure des pneus, entretien et réparations); ainsi qu'un coût associé à la pollution supplémentaire émise lors de conditions de congestion routière. L'estimation était fondée sur les données de déplacement des automobiles, des camions et des autobus urbains. En 2001, le MTQ disposait d'un modèle de

³ Municipality of Metropolitan Toronto. 1987. *Metropolitan Toronto Goods Movement Study: Technical Report*. Toronto.

demande de transport actualisé et calibré sur la base des données de l'enquête origine-destination de 1998. À partir de ce nouvel outil de simulation des déplacements et d'une nouvelle méthode de mesure de la congestion, le MTQ a procédé à une réévaluation des coûts de la congestion pour la grande région de Montréal. Le coût total de la congestion dans la région de Montréal a été réévalué à environ 779 millions de dollars par année (valeur monétaire de 1998). Ainsi, selon cette plus récente étude du MTQ, les véhicules-heures de retard ont augmenté de 54 p. 100 entre 1993 et 1998 à Montréal.⁴

Ces trois études ont démontré que le coût de la congestion est substantiel, qu'il peut être chiffré en milliards de dollars et qu'il croît possiblement de façon significative. Il y a cependant des différences et incompatibilités entre les méthodes et les données sur lesquelles les études sont fondées, rendant impossible la généralisation des résultats.

4. Nature et causes de la congestion routière dans les zones urbaines

Lorsque l'on traite de la congestion, il est important de faire la distinction entre les deux principaux types de congestion: la congestion récurrente et la congestion incidente. Tel que mentionné précédemment, la présente étude intitulée *Le coût de la congestion urbaine au Canada* met l'accent sur la congestion récurrente.

La **congestion récurrente** se produit principalement lorsqu'un trop grand nombre de véhicules utilisent le réseau routier en même temps. Typiquement, la congestion récurrente a lieu les jours de la semaine, le matin et l'après-midi, lorsque la vaste majorité des gens se rendent au travail ou à l'école et reviennent à la maison aux mêmes heures. Dans les grandes zones urbaines, la période de pointe s'observe généralement entre 6 h 00 et 9 h 30 le matin, et entre 15 h 30 et 19 h 00 en après-midi. Dans les zones urbaines plus petites, la période de pointe s'étend normalement sur une période plus courte (une heure ou deux).

La hausse de la congestion récurrente qui a lieu pendant les périodes hors pointe (c'est-à-dire à d'autres heures des jours de semaine et même la fin de semaine) est une question qui suscite de l'intérêt. Cette congestion est attribuable à une croissance rapide de la demande de déplacements pendant les heures hors pointe (ces derniers connaissent une augmentation plus rapide que les déplacements aux heures de pointe). Certains tronçons d'autoroutes à Toronto et à Montréal sont même régulièrement congestionnés entre les périodes de pointe et fonctionnent durant toute la journée selon des conditions de période de pointe.

La **congestion incidente**, pour sa part, est associée à des conditions aléatoires ou spéciales et à des événements particuliers. Les quatre causes principales de la congestion incidente sont les incidents de la circulation (que ce soit un véhicule en panne ou un accident), les chantiers de construction, les conditions météorologiques et les événements spéciaux. En raison du caractère aléatoire de ce type de congestion, elle est plus difficile à prévoir, à quantifier et à gérer. Les répercussions de la congestion incidente sont significatives; en effet, la fiabilité et la prévisibilité des temps de déplacement revêtent

⁴ Gourvil, L. et Joubert, F., 2004. Évaluation de la congestion routière dans la région de Montréal. Les conseillers ADEC et le ministère des Transports du Québec. Montréal : Ministère des Transports du Québec.

une très grande importance pour le public, les industries qui ont recours au transport de marchandises et l'économie en général. La variabilité du temps de déplacement entraîne une incertitude coûteuse pour les navetteurs et, plus particulièrement, pour les transporteurs de marchandises qui doivent respecter les délais de livraisons établis. Conséquemment, une diminution de la variabilité des temps de déplacement peut être plus importante aux yeux des usagers que la diminution de la durée totale de leurs déplacements.

La capacité de déterminer et de mesurer les différents types de congestion, y compris la congestion incidente, est essentielle à l'élaboration de mesures d'atténuation et d'interventions appropriées. La suite du présent document porte uniquement sur la congestion récurrente. Ainsi, il est valable de noter dès à présent certaines considérations additionnelles concernant la congestion incidente. Aux États-Unis, une évaluation préliminaire de la Federal Highway Administration estime qu'environ la moitié de la congestion subie par les Américains est causée par de la congestion incidente. Le manque de données sur les incidents et sur leur impact sur les temps de déplacement a mené certains organismes à recourir à des estimés provisoires de la congestion incidente. Par exemple, le Department of Transportation de l'État de Washington estime que la congestion incidente représente généralement entre 30 p. 100 et 50 p. 100 de tous les retards de la période de pointe.

L'absence d'ensembles de données cohérentes sur les incidents et leur impact sur les temps de déplacements rend l'estimation de la congestion incidente plutôt ardue. Dans certaines agglomérations urbaines, où des données sont disponibles, le défi reste d'établir les relations entre ces données et à combler les lacunes. Les programmes de comptage de la circulation annuels, les études de circulation et les rapports d'accidents des autorités policières contiennent une abondante quantité de renseignements sur la circulation. Cependant, ces données ne sont habituellement pas compilées dans un format utile pour l'analyse de la congestion; de plus, les ensembles de données ne concordent pas toujours les uns aux autres. La présente étude reconnaît donc l'importance de mesurer la congestion incidente dans le but de bien représenter le coût de tous les types de congestion. Toutefois, étant donné les défis susmentionnés en ce qui concerne la disponibilité des données, il était prématuré d'inclure une estimation de la congestion incidente dans le cadre de cette étude. À cet égard, Transports Canada a récemment terminé une recherche qui examine les différentes méthodes pouvant être utilisées pour estimer la congestion incidente à partir des données actuelles disponibles⁵.

5. Définition de la congestion

Introduction à la définition de la congestion

Chaque personne définit la congestion d'une façon différente, en fonction de sa propre expérience ou situation. Les retards et la consommation accrue de carburant constituent généralement les répercussions clés pour ce qui est des conducteurs individuels. D'autres impacts, comme l'augmentation du niveau de stress ou de bruit, peuvent également compter pour certaines personnes ou certains groupes. La notion de coûts sociaux implique que la congestion entraîne un coût économique à l'ensemble de la société. Ce

⁵ Voir D. Kriger, 2005.

coût comprend le temps productif perdu, l'augmentation de la consommation de carburant, les coûts de fonctionnement des véhicules et d'autres coûts connexes, les risques d'incidents accrus, la pollution atmosphérique et les émissions de GES supplémentaires. La présente étude évalue le coût social de la congestion.

Approche d'ingénierie vers une définition de la congestion

Transports Canada reconnaît qu'il existe une variété de définitions proposées dans la littérature. Après consultation des experts des milieux urbains et provinciaux, l'étude sur les coûts de la congestion au Canada a adopté la définition suivante :

« La congestion représente les inconvénients que les usagers s'imposent entre eux par l'utilisation de leurs véhicules sur le réseau de transport en même temps, en raison du lien qui existe entre la densité de la circulation et la vitesse (tout en prenant dûment en considération la capacité. »

Cette définition définit la congestion sur la base des principes théoriques qui lient le *débit de véhicules* (débit réel, calculé en véhicules par heure) à la *capacité de la route* (capacité disponible pour le débit, calculée en véhicules par heure).

Le flux de circulation se décrit par trois variables, à savoir la densité k (le nombre de véhicules par voie par kilomètre), la vitesse v (en km/h) et le débit q (le nombre de véhicules par voie par heure). Le débit de la circulation est le produit de la densité de la circulation (véhicules/km) et de la vitesse (km/h). Ces trois variables sont donc liées par l'équation $q = kv$. Toutes choses étant égales, lorsque le nombre de véhicules augmente sur un tronçon de route, la densité de la circulation augmente, la vitesse de déplacement diminue et le temps de déplacement augmente. Il s'agit du principe fondamental de l'écoulement de la circulation sur lequel la présente étude fonde sa définition de la congestion.

Enjeux économiques : les externalités de la congestion

D'un point de vue économique, la congestion routière a lieu lorsque la présence d'autres véhicules accroît le coût de chaque déplacement additionnel au-delà d'un optimum (ou équilibre) économique. Les coûts externes de la circulation entrent en jeu parce que les usagers supplémentaires de la route font augmenter le temps de déplacement des autres conducteurs. Par définition, les coûts externes désignent les coûts (ou les avantages) qui n'ont pas de prix sur le marché et qui sont imposés à une tierce partie à la suite de gestes posés par d'autres personnes. Par opposition aux effets totalement externes sur l'environnement et le bruit, les coûts externes de la congestion sont en partie internes au secteur des transports dans son ensemble et sont donc considérés comme des coûts externes *intra-sectoriels*. En effet, lorsqu'un automobiliste décide de faire un déplacement, ce dernier est conscient de son coût additionnel de déplacement s'il le fait pendant une période de congestion. Cependant, il ne tiendra peu compte de l'impact de sa propre contribution à la congestion et aux coûts externes qu'il impose aux autres du fait de son choix de déplacement. En fait, les usagers de la route se perçoivent comme victimes plutôt que causes de la congestion.

Enjeux économiques : tarification économiquement efficiente

Une tarification efficiente du point de vue économique nécessite que le coût d'un déplacement représente les coûts sociaux de façon appropriée, et non uniquement les

coûts privés. La mise en œuvre de toutes mesures visant une tarification efficace doit être appuyée sur l'estimation de tous les éléments des coûts sociaux marginaux, y compris les coûts externes. Les coûts de la congestion constituent un élément essentiel des coûts sociaux. Du point de vue de l'efficacité économique, la question cruciale consiste à distinguer l'élément externe du coût de la congestion du coût total ou moyen de la congestion. Le coût total de la congestion est assumé par l'ensemble des usagers. Cependant, dans une situation de congestion, chaque usager supplémentaire entraîne des coûts pour les autres usagers. L'élément externe et incrémental des coûts engendrés sur les autres est l'élément pertinent aux fins de l'établissement des prix.

En ce qui a trait à la mesure, d'un point de vue économique, le coût de la congestion n'a de sens précis que s'il se rapporte à une situation optimale qui est basée sur un objectif de niveau de service déterminé qui est accompagné du plein prix économique de ce niveau de service. Autrement dit, la congestion observée est comparée à un niveau de circulation optimal. Par conséquent, une autre méthode d'estimation envisageable consiste à mesurer la congestion qui pourrait être éliminée par la mise en place d'une tarification efficace de la congestion. Cette tarification cumulerait les coûts externes marginaux des retards, du carburant, des coûts d'utilisation des véhicules, des accidents et des dommages à l'environnement. Dans ce contexte, les retards, le carburant consommé, les accidents, et autres coûts se retrouvant sous l'optimum sont donc internalisés dans le système. Lors du choix des instruments visant à réduire la congestion, il est utile de faire la distinction entre cette congestion « externe » et la congestion « interne » ou « potentiellement internalisée ».

6. Approches pour mesurer la congestion récurrente

Texas Transportation Institute

Tel que mentionné précédemment, le Texas Transportation Institute (TTI) présente des mesures de la congestion et de la mobilité pour les principales villes américaines depuis de nombreuses années dans sa publication annuelle « Urban Mobility Report ». Leur approche considère que la congestion compte tous les délais au-delà des conditions de circulation qui n'est pas « une circulation fluide »⁶. Cette méthode repose sur des données de volume de circulation pour des tronçons de route (qui sont normalement plus faciles d'accès et dont les statistiques sont étendues afin de représenter d'autres routes). On estime les vitesses et les temps de déplacement pour chaque tronçon et pour chaque période de temps, en fonction des relations théoriques entre la vitesse et le débit par rapport aux caractéristiques géométriques, pour ensuite les comparer aux temps prévus lorsque la circulation est libre (généralement en fonction des vitesses affichées). Le TTI a adopté cette approche et utilise les données sur certains tronçons d'autoroute et d'artères des zones urbaines des É.-U. enregistrées dans le Highway Performance Monitoring System de la Federal Highway Administration⁷.

⁶ Une circulation fluide correspond aux conditions de circulation lorsqu'il n'y a aucune interférence par les autres véhicules sur la route. Il n'y a donc qu'un seul véhicule sur la route ou alors les autres véhicules sont suffisamment loin et ne causent aucune contrainte au conducteur. Les conducteurs peuvent se déplacer librement, à la vitesse qu'ils désirent.

⁷ Le Highway Performance Monitoring System (HPMS) de la Federal Highway Administration constitue une base de données des mesures du rendement opérationnel pour le réseau de transport aux É.-U. Le

Bien que cette approche basée sur la circulation à écoulement libre soit communément utilisée, elle soulève un enjeu important : elle ne représente pas une situation durable du point de vue de l'environnement ni efficace économiquement parlant par rapport à la capacité du réseau et, par conséquent, n'est pas un objectif raisonnable en matière de politiques, pour les raisons suivantes :

- a) Le débit maximal s'observe à des vitesses inférieures à celle correspondant à la circulation à écoulement libre (tel que cela est démontré dans les relations pratiques entre la vitesse et le débit).
- b) L'augmentation de la capacité est « indivisible » (ajout de voies) et coûteuse. Le cycle de vie d'un tel investissement comprend normalement une période initiale avec une capacité excessive, et des conditions de circulation fluide, suivie d'une congestion croissante suite à une circulation accrue, jusqu'au point où une nouvelle augmentation de la capacité est envisagée. La condition moyenne de circulation comprendra donc un certain degré de congestion.
- c) Une tarification économiquement efficace de la congestion laisserait tout de même un taux de congestion considérable et n'éliminerait que la partie externe des coûts de la congestion.
- d) Les conducteurs s'attendent à un certain niveau de service sur le réseau routier, mais ce niveau dépend du coût réel et du coût perçu de l'utilisation de la route dans des conditions de congestion. En fait, la plupart des conducteurs acceptent un certain niveau de congestion pourvu que le trajet puisse se faire en toute sécurité, dans un délai raisonnable et prévisible et avec le moins d'interruptions possible.

Cela étant dit, il n'est pas aussi simple qu'il pourrait y paraître de choisir un niveau à partir duquel calculer la congestion. Aux É-U, le calcul de la congestion sur la base des conditions de circulation à écoulement libre se poursuit, mais fait de plus en plus l'objet de critiques.

Ministère des Transports du Québec

Une solution de rechange a été proposée par le MTQ dans le cadre de ses études sur la région de Montréal, qui visaient à mesurer le coût social de la congestion récurrente dans cette région.

L'approche retenue dans cette étude suggère que les usagers s'attendent à ce qu'il y ait congestion aux périodes de pointe sur leur trajet normal et l'acceptent, mais qu'il existe un seuil de tolérance. Une fois le seuil dépassé, la situation devient inacceptable. Le choix du seuil est basé sur l'observation du trafic et tient également compte de la perspective locale de la congestion. Conséquemment, ce seuil offre une base de mesure plus réaliste que la circulation fluide afin de mesurer la congestion. Dans le cadre de cette étude, un seuil de 60 p. 100 de la limite de vitesse à l'écoulement libre a été choisi, ce qui correspond à une vitesse de 60 km/h sur les autoroutes où la vitesse d'écoulement libre est de 100 km/h, et de 30 km/h sur les artères urbaines, où la vitesse à l'écoulement libre

HPMS est une base de données exhaustive construite à partir des rapports annuels présentés par les départements des transports des États à la Federal Highway Administration, comme exigence minimale pour une demande de financement fédéral.

est de 50 km/h. On estime ensuite les retards et les coûts entraînés par la congestion en comparant les vitesses pratiquées sur le réseau routier (vitesse estimées par simulation du modèle de trafic) à ces seuils.

Transports Canada

La recherche résumée dans le présent document s'appuie sur les travaux susmentionnés récemment effectués par le MTQ à Montréal où l'estimation de la congestion est fondée sur l'approche du seuil. Cependant, alors que l'étude du MTQ était spécifique et détaillée pour la seule région de Montréal, l'approche de Transports Canada a adopté une perspective plus régionale, dans le but de produire une analyse systématique pour neuf régions urbaines. Pour identifier les conditions de déplacement au seuil et dans la réalité, on a eu recours à des simulations réalisées à partir des modèles de demande de transport calibrés pour chacune des neuf agglomérations urbaines. Les modèles urbains utilisés par les villes permettent d'estimer les vitesses (et les temps de déplacement) sur les réseaux urbains à partir de la simulation des volumes de la circulation, puis de les comparer aux temps de parcours correspondant au seuil de congestion choisi.

Ces modèles offrent un cadre d'analyse similaire pour l'analyse des conditions de circulation et de la congestion dans les neuf grandes agglomérations canadiennes. Cependant, leur structure, leurs bases de données et la manière dont y sont décrits les réseaux d'infrastructures ne sont pas compatibles. Par exemple, à l'exception de ceux d'Edmonton et Calgary, ils représentent seulement une période de pointe; et seulement certains d'entre eux (Montréal, Calgary, Edmonton et Vancouver) prennent en compte les déplacements des camions. De plus, les fonctions utilisées et calibrées pour représenter la vitesse en fonction du débit (i.e. courbes volume-délai) prennent des formes très différentes d'une région à l'autre et produisent des estimations de vitesses qui peuvent en conséquence différer sensiblement⁸.

Cela dit, en raison de la sensibilité de l'estimation envers le seuil choisi, l'étude a tenu compte de trois seuils de mesure de la congestion, à savoir 50 p. 100, 60 p. 100 et 70 p. 100 de la vitesse de circulation à écoulement libre, pour les autoroutes comme pour les artères. On reconnaît ainsi que, même si les conditions à écoulement libre sont fixes, le pourcentage de cette vitesse qui représente le seuil peut varier selon les conditions locales (quantitatif) et les perceptions locales (qualitatif). Il n'existe probablement pas un seul « seuil acceptable » commun à toutes les agglomérations.

7. Sources de données et champ d'application

Sources de données

Les résultats de simulations des modèles de demande de déplacements dans chaque zone urbaine ont été utilisés comme principale source de données. Puisque les données proviennent de ces modèles urbains, une approche consultative a été élaborée afin de recueillir les données et de déterminer les mesures et les indices. Dans le cadre de ces

⁸ Les modèles de transport régionaux utilisés ici sont de nature statique, c'est-à-dire qu'ils ne reproduisent pas dynamiquement les caractéristiques de la circulation, mais en estiment les propriétés moyennes (tel la vitesse sur les liens routiers) pour l'ensemble de la période de pointe qu'ils représentent. Il est très difficile de calibrer de tels modèles pour produire des estimations fiables des vitesses apparaissant en situation de congestion avancée, en particulier là où se produisent des files d'attente.

efforts, sept réunions techniques ont eu lieu dans les régions urbaines concernées par l'étude avec les autorités locales et provinciales. Ce travail consultatif a permis de définir les classes de routes (« autoroutes » et « artères »), ainsi que de cibler les différences quant à la définition des données, aux méthodes de modélisation et à la disponibilité des données. Avec l'aide des intervenants en transport urbain, il a donc été possible de recueillir les données pertinentes et d'élaborer une série de mesures conséquentes pour l'étude susmentionnée.

Définition des autoroutes et des artères

Pour les besoins de cette étude, les définitions suivantes caractérisant les autoroutes et les artères ont été utilisées :

Une autoroute est une infrastructure qui n'a d'utilité que pour la circulation de transit, sans accès aux propriétés attenantes. L'accès est contrôlé et généralement limité aux bretelles d'accès. Les autoroutes ont un débit de circulation ininterrompu, puisqu'il n'y a pas de signalisation ou d'arrêts contrôlés aux carrefours à niveau. De telles infrastructures ont habituellement deux voies ou plus pour l'usage exclusif de la circulation dans chaque direction avec deux chaussées séparées, et la vitesse permise est généralement de 90 km/h ou plus⁹. Le stationnement ou l'arrêt sur place est interdit en tout temps.

Une artère¹⁰ sert principalement à la circulation, mais a aussi pour fonction de donner accès aux propriétés attenantes (bien que l'aménagement intensif en bord de route puisse générer des conflits à la circulation, et gêner ainsi la vitesse des véhicules le long de l'artère). Les artères ont un débit de circulation interrompu, puisqu'elles sont munies de feux de contrôle de la circulation aux intersections, avec une distance maximale de 3 km entre chaque intersection. Les artères peuvent compter plusieurs voies, et la chaussée peut être séparée ou non. La vitesse permise varie habituellement entre 50 km/h et 90 km/h.

Champ d'application

En ce qui a trait au champ d'application de l'étude, l'estimation de la congestion et le développement des indicateurs porte sur :

- les autoroutes et artères seulement. Les routes collectrices et les rues locales, par définition, ne sont théoriquement pas sujettes à une congestion persistante¹¹; souvent, elles ne sont pas représentées dans les réseaux des modèles de trafic ou y sont traitées de façon sommaire ou agrégée (par exemple, un lien peut représenter plusieurs rues locales parallèles) et ne disposent que rarement de données de comptage de référence;

⁹ La majorité des liens autoroutiers dans le centre (urbain) de l'île de Montréal affichent une vitesse permise de 70 km/h. Techniquement, ils ne peuvent être classés comme autoroute. Cependant, dans des conditions de circulation à écoulement libre, les véhicules ont plutôt tendance à adopter des vitesses autoroutières (soit bien au-dessus de la vitesse permise affichée).

¹⁰ Les définitions susmentionnées ont été tirées du *Highway Capacity Manual*, 2000.

¹¹ L'étude sur les coûts liés à la congestion effectuée par le MTQ à Montréal a indiqué que 95 p. 100 de la congestion de la région apparaît sur les autoroutes et les artères.

- les véhicules automobiles seulement. Les données sur la circulation des camions ne sont disponibles que pour quelques régions urbaines. Aucun des modèles ne rend compte spécifiquement des autres véhicules dans la circulation, tels que les taxis, les véhicules d'urgence et les véhicules légers utilisés à des fins commerciales. Par conséquent, ces véhicules sont exclus de la portée de l'étude;
- la congestion aux périodes de pointe seulement. Puisque les modèles de trafic urbains ne représentent que les déplacements aux périodes de pointe (à l'exception de ceux de Calgary et Edmonton).

8. Éléments des coûts de la congestion

Les estimations produites dans le cadre de la présente étude couvrent trois éléments des coûts de la congestion :

- le coût des retards (perte de temps lors des périodes de congestion);
- le coût de carburant (carburant additionnel consommé en conditions de congestion); et
- le coût attribué aux émissions de GES supplémentaires causées par la congestion de la circulation.

Tous les coûts ont été calculés sur la base des déplacements des véhicules passagers personnels. Le choix de ces trois éléments était fonction des objectifs de l'étude et de la disponibilité d'informations cohérentes et fiables pour les neuf agglomérations examinées. Une valeur monétaire unitaire a été déterminée pour chacun de ces trois éléments de la congestion.

D'autres impacts potentiels de la congestion de la circulation comprennent, sans toutefois faire l'objet de la présente étude :

- baisse de productivité;
- changements dans la fréquence des accidents;
- modification des caractéristiques des accidents
- accroissement des polluants atmosphériques;
- augmentation des autres coûts d'utilisation des véhicules; et
- accroissement des nuisances sonores.

La plupart de ces effets sont externes, ce qui veut dire qu'ils ne sont pas intégrés aux marchés des déplacements; aucun prix n'est directement rattaché à ces effets et ils ne font pas l'objet d'un échange monétaire conscient entre les parties. Ces conséquences représentent une perte de ressources rares et irremplaçables pour la société, qui peuvent atteindre une valeur importante. Bien que cette recherche se concentre sur les implications immédiates et directes reliées à la congestion, il est aussi reconnu qu'à un certain degré, les conséquences de la congestion pourraient expliquer la localisation et la relocalisation d'activités économiques (des industries, des entreprises, des points de vente au détail, entre autres), ainsi que le choix des individus de déménager ou même de

changer d'emploi ou d'école. Ces externalités ne sont pas prises en compte dans la présente étude.

Pertes de temps

Une valeur unitaire a été attribuée pour chacun des trois éléments principaux des coûts de la congestion. Le plus important de ceux-ci est le coût associé aux pertes de temps. Afin d'évaluer les coûts liés aux retards, l'approche de Transports Canada définie en 1993 quant à l'estimation de la valeur des temps de déplacement a été utilisée¹². Puisque les travaux de Transports Canada ont principalement concerné des enjeux de déplacement interurbain, les choix méthodologiques reflètent ce domaine de l'analyse du transport (soit interurbain plutôt qu'urbain). L'approche de 1993 établie des valeurs de temps en fonction des motifs des déplacements, soit pour des raisons *professionnelles* ou *non professionnelles*. Les valeurs ont été mises à jour afin de refléter l'année de base de chacun des modèles de transport urbain (soit la source de données des mesures de la congestion), ainsi que pour une année commune (2002), et de représenter les conditions économiques de chacune des agglomérations urbaines. Les valeurs de temps mises à jour sont présentées au tableau 1 pour les déplacements professionnels et non professionnels, respectivement.

Tableau 1. Facteurs utilisés afin de calculer les coûts des retards (en dollars de 2002)

Zone urbaine	Année	% professionnel et lié au travail*	% non professionnel	\$/h – professionnel et lié au travail	\$/h – non professionnel
Vancouver	2003	48 %	52 %	29,72 \$	9,26 \$
Edmonton	2000	31 %	69 %	25,48 \$	7,84 \$
Calgary	2001	37 %	63 %	28,57 \$	8,79 \$
Winnipeg	1992	88 %	12 %	24,71 \$	7,63 \$
Hamilton	2001	36 %	64 %	29,64 \$	9,14 \$
Toronto	2001	55 %	45 %	30,86 \$	9,50 \$
Ottawa-Gatineau	1995	43 %	57 %	31,35 \$	9,67 \$
Montréal	1998	70 %	30 %	27,32 \$	8,48 \$
Québec	2001	58 %	42 %	25,96 \$	8,15 \$

* Les facteurs en fonction du motif du déplacement ont été fournis par les autorités urbaines respectives (Edmonton, Calgary, Montréal, Québec), dérivés du modèle par les consultants (Winnipeg), ou extraits des enquêtes origines-destinations (Vancouver, Toronto, Hamilton, Ottawa-Gatineau).

Le tableau 1 présente aussi les parts de déplacement de chaque type de motif pour chaque région urbaine. Il importe de noter que les proportions de déplacements professionnels ou non professionnels ne sont pas constantes d'une zone urbaine à l'autre, ce qui constitue une difficulté préoccupante mise en évidence par la présente étude. Une analyse plus

¹² Transports Canada, *Valeur des économies de temps de déplacement pour les passagers*, Rapport TP11788, 1993.

approfondie serait nécessaire pour clarifier cette problématique, mais on peut l'attribuer notamment aux faits suivants :

- le traitement et la définition des déplacements professionnels diffèrent d'une région à l'autre ;
- les données étaient parfois disponibles seulement pour une période de 24 heures, plutôt que pour la période de pointe (où se concentrent les déplacements de navettage domicile-travail associés ici à la catégorie des déplacements professionnels);
- certaines estimations n'étaient disponibles que pour l'ensemble des modes de transport plutôt que pour les déplacements automobiles seulement (conducteurs et passagers inclus).

Carburant gaspillé

Considérant les manques de données et pour répondre aux besoins de l'étude, un calcul simplifié de la consommation de carburant et des émissions de GES, sans distinction entre les types de véhicules, a été appliqué. Ainsi, tous les véhicules automobiles compris dans la procédure d'affectation du modèle ont été traités comme une classe unique de véhicules légers. Cependant, les variations de taux de consommation de carburant et d'émissions de GES en fonction de la vitesse du véhicule et type de lien ont été considérées. Le calcul est décrit ci-dessous. Il se fonde sur un calcul utilisé pour le modèle microscopique d'énergie et d'émissions de Virginia Tech (VT-Micro, un modèle microscopique de consommation de carburant et d'émissions en cours d'élaboration par les chercheurs de la Virginia Polytechnical Institute) et le modèle détaillé des émissions modales (un modèle d'émissions modales et un ensemble de données sur les émissions des véhicules élaboré par des chercheurs de la University of California Riverside).

Bien que des modèles de micro-simulation produisent des estimés plus précis de la consommation de carburant et des émissions, ce type de modèle est généralement applicable uniquement pour des corridors particuliers d'une agglomération et certaines régions urbaines ne disposent pas de ce type de modèle. Conséquemment, les méthodes utilisées ici représentent une approximation.

Les taux de consommation de carburant et d'émissions de GES varient en fonction de la flotte de véhicules. Cependant, des données sur la composition de la flotte de véhicules n'existent pas pour les neuf agglomérations urbaines canadiennes. Conséquemment, l'étude a utilisé les taux présentés dans le tableau 2 qui reflètent une flotte de véhicules représentative de la Californie, y compris les véhicules à fortes émissions, ce qui est jugé un compromis acceptable pour la présente étude.

Les vitesses moyennes approximatives représentent les limites inférieures d'une plage de vitesse (par exemple, la valeur pour le niveau de service A d'une artère représente une vitesse de 45 km/h ou plus, celle pour le niveau de service D d'une autoroute représente une vitesse de 85 km/h à 94 km/h, et la valeur pour le niveau de service E d'une artère représente une vitesse de 20 km/h ou moins).

Tableau 2. Taux de consommation des véhicules en fonction des catégories de vitesses (Véhicules légers à essence – représentatifs de la flotte californienne, incluant les grands consommateurs)

Cycle de conduite	Vitesse moyenne approximative (km/h)	Carburant (ml/véhicule-km)
Niveau de service A-B -- artère	45	81,98
Niveau de service C-D -- artère	30	95,92
Niveau de service E-F -- artère	20	141,59
Autoroute à haute vitesse	105	65,22
Niveau de service A-C -- autoroute	95	63,79
Niveau de service D -- autoroute	85	62,81
Niveau de service E -- autoroute	50	71,84
Niveau de service F -- autoroute	30	98,28
Niveau de service G -- autoroute	20	113,13

Source : HELLIGA, B. et T. CHAN. Issues Related to Quantifying the Environmental Impacts of Transportation Strategies Using GPS Data (questions liées au chiffrage des répercussions sur l'environnement des stratégies des transports au moyen des données obtenues par GPS), Ottawa, mai 2002. Document présenté lors de l'assemblée annuelle du Canadian Institute of Transportation Engineers.

En vue d'estimer le coût du carburant gaspillé lors de conditions de congestion, les éléments suivants ont été considérés :

- Les prix unitaires (prix du carburant) ont été obtenus pour chacune des régions urbaines, puisque les coûts varient d'une région à l'autre au Canada;
- Les prix du carburant diesel et essence ont été distingués puisqu'ils diffèrent;
- Les taxes ont été exclues des prix puisque l'étude porte sur les coûts sociaux de la congestion, et non les coûts privés.

La présente étude a utilisé les prix moyens pour tous les carburants à essence sans plomb, sans distinction des prix en fonction de l'indice d'octane. Le tableau 3 indique les valeurs à utiliser pour l'essence par région urbaine, en fonction de l'année de base du modèle de transport utilisé.

La valeur totale de la consommation de carburant supplémentaire est calculée en multipliant la quantité totale de consommation excédentaire de carburant par sa valeur unitaire, sans les taxes.

Tableau 3. Prix de l'essence régulière sans plomb pour chaque zone urbaine

Zone urbaine	Année de base	Essence régulière sans plomb– sans les taxes	Essence régulière sans plomb– sans les taxes (\$ en 2002) ¹³
Vancouver	1996	30,41 ¢/litre	38,65 ¢/litre
Edmonton	2000	40,74 ¢/litre	41,22 ¢/litre
Calgary	2001	41,64 ¢/litre	42,09 ¢/litre
Winnipeg	1992	27,95 ¢/litre	37,95 ¢/litre
Toronto	2001	37,72 ¢/litre	38,20 ¢/litre
Hamilton	2001	36,33 ¢/litre	36,30 ¢/litre
Ottawa-Gatineau	1995	25,91 ¢/litre	37,30 ¢/litre
Montréal	1998	21,86 ¢/litre	35,41 ¢/litre
Québec	1996	27,74 ¢/litre	37,49 ¢/litre

Source : M.J. Ervin & Associates

Émissions de gaz à effet de serre

Dans la présente étude, seuls les coûts associés aux émissions de GES ont été estimés, alors que les autres polluants atmosphériques ont été exclus.

Les émissions de GES sont calculées selon une formule mathématique directe en fonction de la consommation de carburant (litres de carburant diesel ou d'essence). Par conséquent, pour tous les liens routiers congestionnés, les émissions supplémentaires de GES sont calculées proportionnellement à la quantité additionnelle d'essence consommée en raison de la congestion.

Dans le cadre de cette analyse, une valeur monétaire applicable aux CO₂ équivalents a été déterminée sur la base d'une revue de littérature. En l'absence d'un marché encourageant la réduction des émissions de CO₂, les valeurs (prix) des émissions de GES sont assez difficiles à évaluer. Certaines estimations, principalement celles axées sur les répercussions possibles des changements climatiques et des dommages environnementaux subséquents (tirées de certaines études), sont trop instables et fragiles pour permettre une application globale. Tôt ou tard, la signature du Protocole de Kyoto et sa mise en œuvre pourront faciliter la mise en place d'un marché international réel pour ces types de gaz. La création d'un tel marché permettrait qu'un prix pour les dommages causés à l'équilibre du climat se fixe, même si la détermination de cette valeur est fortement influencée par la faisabilité technique de la réduction des émissions.

Entretemps, afin de gérer les grands écarts de valeurs trouvés dans la littérature, certains auteurs proposent d'adopter une valeur médiane, qui, contrairement à la moyenne, n'est pas affectée par les valeurs extrêmes. Kevin Bell (1994) a compilé les valeurs des

¹³ Année commune la plus récente pour laquelle les données étaient disponibles.

éléments polluants de 37 études techniques différentes, ainsi que les valeurs proposées par les organismes gouvernementaux étatsuniens. Ces valeurs, résumées dans le tableau 4, ont été utilisées pour des études sur la congestion à Montréal en 2001. Pour la présente étude, les valeurs de Bell ont été converties en dollars canadiens et indexées.

Tableau 4. Valeurs médianes des émissions atmosphériques

	CO ₂	CO	HC	NO _x	SO _x	Particules
\$ US 1990/ tonne courte	20 \$	907 \$	3 300 \$	4 209 \$	1 793 \$	2 496 \$
\$ CAN 1990/ tonne courte	23,34 \$	1 058,26 \$	3 850,35 \$	4 910,95 \$	2 092,03 \$	2 912,27 \$
\$ CAN 1998/ tonne courte	27,19 \$	1 232,88 \$	4 485,66 \$	5 721,26 \$	2 437,21 \$	3 392,79 \$
\$ CAN 1998/tonne	29,97 \$	1 359,00 \$	4 944,54 \$	6 306,54 \$	2 686,54 \$	3 739,87 \$

Adapté de la Convergence Research, 1994 dans Litman, 1995. Le dollar américain valait 1,1667 dollar canadien en 1990, et le dollar canadien de 1990 valait 1,165 dollar canadien en 1998. Une tonne métrique équivaut à 1,1023 tonne courte.

9. Indices de congestion utilisés dans cette étude

La mesure de la congestion est complexe et multidimensionnelle. Ainsi, la sélection de multiples indices a été retenue comme moyen raisonnable d'obtenir une meilleure représentation et expression de la congestion.

Après un examen des indices potentiels, les quatre indices suivants ont été sélectionnés, en fonction de leur pertinence dans le contexte canadien, de la disponibilité et de la qualité des données, de leur utilité concrète et de la possibilité de les répliquer en d'autres endroits et d'autres temps :

- Retards des déplacements (temps de plus passé en situation de congestion);
- Carburant gaspillé (en raison du déplacement à basse vitesse et des temps de déplacements, et donc d'opération des véhicules, plus long);
- Indice de congestion routière (importance relative des liens routiers à fort volume);
- Indice du temps de déplacement (temps supplémentaire requis, lié aux retards dans les déplacements, mais exprimé sous forme de coefficient).

Notons que les valeurs monétaires ont été appliquées seulement sur les deux premiers indices (retards et carburant). Les deux autres indices, l'indice de congestion routière et l'indice du temps de déplacement, ne se traduisent pas en valeur monétaire; ils permettent plutôt de représenter l'étendue et l'importance de la congestion sous une forme relative, facilitant les comparaisons entre diverses régions.

Un indice supplémentaire a été élaboré pour tenter de représenter l'impact de la congestion affectant le transport en commun (retards dans les déplacements subis par le transport en autobus ou en train dans la circulation mixte). Le besoin d'élaborer un indice

propre à la congestion du transport en commun a été ciblé lors de réunions de consultation technique tenues en cours de mandat avec les autorités urbaines et provinciales. Cependant, bien que l'indicateur du transport en commun ait tenté de répondre à ce besoin, son applicabilité demeure limitée étant donné le manque de données adéquates. Par exemple, le degré avec lequel les mesures préférentielles au transport en commun sont prises en compte dans les modèles n'est pas clair. Des recherches additionnelles considérables devraient être entreprises pour définir un indicateur de congestion qui s'appliquerait au secteur du transport collectif.

10. Principales conclusions de l'étude sur les coûts liés à la congestion dans les zones urbaines du Canada

Coûts de congestion totaux

Le tableau 5 présente le total des coûts liés à la congestion, en combinant la valeur des retards, les coûts reliés à la consommation supplémentaire de carburant et les coûts liés aux émissions additionnelles de GES.

Tableau 5. Total des coûts liés à la congestion (en millions de dollars de 2002)

Zone urbaine	Année	Au seuil de 50 %	Au seuil de 60 %	Au seuil de 70 %
Vancouver	2003	402,8 \$	516,8 \$	628,7 \$
Edmonton	2000	49,4 \$	62,1 \$	74,1 \$
Calgary	2001	94,6 \$	112,4 \$	121,4 \$
Winnipeg	1992	48,4 \$	77,2 \$	104,0 \$
Hamilton	2001	6,6 \$	11,3 \$	16,9 \$
Toronto	2001	889,6 \$	1 267,3 \$	1 631,7 \$
Ottawa-Gatineau	1995	39,6 \$	61,5 \$	88,6 \$
Montréal	1998	701,9 \$	854,0 \$	986,9 \$
Québec	2001	37,5 \$	52,3 \$	68,4 \$
Total pour toutes les zones urbaines		2 270,2 \$	3 015,0 \$	3 720,6 \$

Selon le seuil de vitesse qu'on utilise pour définir la congestion, le coût total annuel de la congestion pour l'ensemble des neuf agglomérations urbaines canadiennes varie entre 2,3 (seuil de 50 p. 100) et 3,7 milliards de dollars (seuil de 70 p. 100). Pour l'agglomération de Toronto, la plus vaste et la plus peuplée, le coût total de congestion pour les niveaux de trafic de 2001 a été estimé à 890 millions de dollars (au seuil de 50 p. cent) et 1,6 milliards de dollars (au seuil de 70 p. 100). Pour une région urbaine plus petite, telle que Edmonton, le coût total de congestion pour les niveaux de trafic de 2000 a été estimé à 49 millions de dollars (au seuil de 50 p. 100) et 74 millions de dollars (au seuil de 70 p. 100).

Coûts de la congestion attribuable aux délais

Le tableau 6 indique le pourcentage que les retards représentent dans la valeur de la congestion – de l'ordre de 80 p. 100 et plus, avec une moyenne générale de plus de 90 p. 100. Le total annuel des coûts des retards imputables à la congestion varie entre 2,0 et 3,4 milliards de dollars, selon le seuil retenu pour la définir.

Tableau 6. Proportion des coûts liés à la congestion attribuables aux retards

Zone urbaine	Année	Au seuil de 50 %	Au seuil de 60 %	Au seuil de 70 %
Vancouver	2003	92,4 %	91,9 %	92,7 %
Edmonton et Calgary	2000/2001	--	--	--
Winnipeg	1992	88,1 %	88,0 %	90,2 %
Hamilton	2001	79,4 %	85,4 %	90,1 %
Toronto	2001	87,4 %	90,4 %	92,4 %
Ottawa-Gatineau	1995	84,4 %	87,0 %	90,4 %
Montréal	1998	92,3 %	93,1 %	93,9 %
Québec	2001	87,4 %	87,0 %	88,5 %
Total de toutes les zones urbaines		90,6 %	91,8 %	93,0 %

Le tableau 6 démontre que la valeur du temps de retard lié à la congestion est, de loin, l'élément le plus important du coût total de congestion. Ces proportions concordent avec les résultats d'autres études réalisées sur les coûts de la congestion et qui utilisaient des méthodes d'estimation différentes.

Coût de la consommation de carburant lié à la congestion

Le tableau 7 indique les coûts associés au gaspillage de carburant causé par la congestion là où ils ont pu être estimés¹⁴.

Pour les sept zones urbaines pour lesquelles des données étaient disponibles, le coût annuel du carburant supplémentaire consommé varie entre 176 millions de dollars (au seuil de 50 p. 100) et 213 millions de dollars (au seuil de 70 p. 100).

¹⁴ Il n'a pas été possible, pour les villes d'Edmonton et de Calgary, d'obtenir des données relatives à la consommation de carburant et aux émissions de GES.

**Tableau 7. Coûts annuels liés à la consommation supplémentaire de carburant
(en millions de dollars de 2002)**

Zone urbaine	Au seuil de 50 %		Au seuil de 60 %		Au seuil de 70 %	
	Millions de litres	Millions de \$	Millions de litres	Millions de \$	Millions de litres	Millions de \$
Vancouver	65,4	25,3 \$	89,0	34,4 \$	98,3	38,0 \$
Edmonton	--	--	--	--	--	--
Calgary	--	--	--	--	--	--
Winnipeg	12,6	4,8 \$	20,1	7,6 \$	22,2	8,4 \$
Hamilton	3,0	1,1 \$	3,7	1,4 \$	3,8	1,4 \$
Toronto	241,3	92,2 \$	263,8	100,8 \$	267,8	102,3 \$
Ottawa-Gatineau	13,5	5,1 \$	17,6	6,6 \$	18,7	7,0 \$
Montréal	124,0	43,9 \$	135,3	47,9 \$	138,7	49,1 \$
Québec	10,4	3,9 \$	15,0	5,6 \$	17,3	6,5 \$
Total de toutes les zones urbaines	470,2	176,2 \$	544,4	204,2 \$	566,8	212,7 \$

Le coût total annuel des pertes de carburant dû à la congestion représentent 7,8 p. 100 du coût total de congestion (au seuil de 50 p. 100), 6,8 p. 100 (au seuil de 60 p. 100) et 5,7 p. 100 (au seuil de 70 p. 100).

Coût des émissions de GES attribuables à la congestion

Le tableau 8 présente les coûts des GES émis annuellement en raison des conditions de congestion.

Les valeurs sont fondées sur le taux médian estimé en 1998, soit 29,97 \$ par tonne de CO₂ équivalent, lequel a été indexé pour représenter la valeur du dollar en 2002, soit 32,82 \$ par tonne de CO₂ équivalent, sur la base de l'indice des prix à la consommation¹⁵.

Pour les sept zones urbaines dont les estimations de consommation de carburant supplémentaire étaient disponibles, la valeur des émissions de GES varie de 38 millions de dollars au seuil de 50 p. 100, à 46 millions de dollars au seuil de 70 p. 100.

¹⁵ Ce calcul a ciblé un taux d'inflation de 9,5 p. 100 pour la période de quatre ans. Voir Statistique Canada, *Indice des prix à la consommation : aperçu historique*.

**Tableau 8. Coûts annuels des émissions de GES reliés à la congestion
(en millions de dollars de 2002)**

Zone urbaine	Au seuil de 50 p. 100		Au seuil de 60 p. 100		Au seuil de 70 p. 100	
	Tonnes	Millions de \$	Tonnes	Millions de \$	Tonnes	Millions de \$
Vancouver	161 521	5,3 \$	219 713	7,2 \$	242 791	8,0 \$
Edmonton	--	--	--	--	--	--
Calgary	--	--	--	--	--	--
Winnipeg	31 003	1,0 \$	49 569	1,6 \$	54 686	1,8 \$
Hamilton	7 512	0,2 \$	9 196	0,3 \$	9 271	0,3 \$
Toronto	595 709	19,6 \$	651 318	21,4 \$	661 226	21,7 \$
Ottawa-Gatineau	33 447	1,1 \$	43 385	1,4 \$	46 107	1,5 \$
Montréal	306 100	10,0 \$	334 100	11,0 \$	342 500	11,2 \$
Québec	25 600	0,8 \$	36 900	1,2 \$	42 700	1,4 \$
Total de toutes les zones urbaines	1 160 800	38,1 \$	1 344 200	44,1 \$	1 399 300	45,9 \$

Le coût total annuel des émissions de GES attribuables à la congestion représente 1,7 p. 100 du coût total de la congestion (au seuil de 50 p. 100), 1,5 p. 100 (au seuil de 60 p. 100) et 1,2 p. 100 (au seuil de 70 p. 100).

Comparaison avec les études de Montréal et de Vancouver

Il existe très peu de renseignements avec lesquels ces résultats peuvent être comparés. Soit que les données ne sont pas disponibles ou que les différences méthodologiques limitent la comparaison pouvant être faite entre les études antérieures et celle-ci.

Les travaux du MTQ mentionnés précédemment représentent l'exception et des similitudes méthodologiques permettent la comparaison. Le coût total de congestion de 854 millions de dollars (selon la valeur du dollar en 2002) pour Montréal au seuil correspondant à 60% de la vitesse représente une surestimation d'environ 7 p. cent par rapport aux 779 millions de dollars calculés dans l'étude du MTQ, sur la base des conditions de 1998. Cette différence reflète en partie l'inflation, mais aussi une application légèrement différente de la méthodologique, notamment :

- la distinction entre les déplacements professionnels et non professionnels et une ventilation plus détaillée des valeurs de temps selon les motifs de déplacement et les classes de revenus des voyageurs;
- le calcul de la consommation de carburant¹⁶ ;

¹⁶ Dans le cadre de son étude, Transports Québec a estimé une perte de 60,9 millions de litres de carburant au seuil de 60 p. 100 – soit moins de la moitié des 135,3 millions de litres estimés dans la présente

- la prise en compte dans l'étude du MTQ des coûts d'utilisation des véhicules et des émissions de polluant;
- la prise en compte de la présence des flux de camions.

Les coûts liés à la perte de temps – 795 millions de dollars (selon la valeur du dollar en 2002) pour la présente étude et 704 millions de dollars (selon la valeur du dollar en 1998) pour l'étude du MTQ – sont relativement comparables. La différence de 13 p. 100 est largement attribuable aux valeurs unitaires de l'époque. Par conséquent, les résultats de la présente étude semblent raisonnables.

Les résultats peuvent aussi être comparés avec l'étude réalisée à Vancouver, qui estimait le coût pour les voyageurs automobiles à 0,7 milliard de dollars. Les coûts de 0,4 à 0,6 milliard de dollars estimés dans la présente recherche sont inférieurs à ceux déterminés lors des études de Vancouver. Cependant, les bases méthodologiques diffèrent et peuvent expliquer ces différences (l'écoulement libre de la circulation a été utilisé comme seuil dans l'étude de la Colombie-Britannique, la valeur unitaire du temps était aussi différente et le camionnage était inclus).

Comparaison avec les études Américaines

Il n'était pas prévu, dans le cadre de la présente étude, d'effectuer une comparaison des estimations de congestion entre les zones urbaines américaines et les agglomérations urbaines canadiennes. La capacité de faire de telles comparaisons est limitée, en partie en raison des différentes approches méthodologiques utilisées. Cependant, à titre d'exemple, l'étude du MTQ susmentionnée a appliqué une méthode de calcul similaire à celle du TTI pour ensuite comparer les résultats de Montréal avec ceux de 13 zones urbaines américaines de taille semblable (populations de deux à quatre millions d'habitants). Cette comparaison a révélé que les niveaux de congestion de Montréal sont inférieurs à ceux des villes américaines ciblées (dont Boston, Dallas, St. Louis et Seattle). Ce résultat s'explique par une plus grande densité de population urbaine, des taux d'utilisation du transport en commun plus importants et des taux de possession de véhicules inférieurs pour la région de Montréal comparativement à ces agglomérations américaines.

11. Recommandations pour des recherches futures

L'étude sur les coûts de la congestion au Canada a permis de formuler plusieurs recommandations en vue d'améliorer et de compléter les estimations actuelles de la congestion routière au Canada.

Une considération importante, voire cruciale, dans l'estimation de la congestion concerne le manque de données et de définitions communes, de même que les importantes différences entre les modèles, quant à la structure et à la couverture. Cet enjeu affecte l'estimation de la congestion, et empêche la comparaison directe des neuf zones urbaines.

Plusieurs recommandations formulées dans l'étude concernent les autorités urbaines et provinciales. Ces recommandations sont orientées vers l'amélioration de la disponibilité

recherche, au même seuil. Cet écart est lié à des différences méthodologiques importantes à cet égard entre les deux études et au fait que le parc de véhicules montréalais comporte une proportion beaucoup plus importante de véhicules compacts que dans le profil californien utilisé ici.

et de la qualité des données ainsi que l'amélioration des modèles de transport requis pour l'estimation des coûts de la congestion :

- Les agglomérations urbaines devraient élaborer des définitions communes pour la caractérisation des liens du réseau et des fonctions vitesse-débit, de même qu'assurer une représentation de la circulation aussi en dehors des périodes de pointe et inclure la présence des camions et des véhicules commerciaux dans les modèles.
- À court terme, les agglomérations devraient être encouragées à réaliser des enquêtes de type origine-destination de façon régulière et à étendre l'application de telles enquêtes au transport des marchandises et aux activités commerciales.
- À plus long terme, les municipalités pourraient profiter de la cueillette de données « en temps réel » sur la vitesse et les volumes grâce à l'utilisation de la technologie du GPS, et de l'amélioration des modèles de micro-simulation du réseau¹⁷.

L'étude a aussi formulé deux recommandations additionnelles pour des recherches futures :

- Une meilleure compréhension de la portée et de l'importance de la congestion incidente sur les temps de déplacements, la consommation d'essence et les émissions atmosphériques est essentielle afin d'obtenir une vision complète de la congestion urbaine au Canada. Ceci exigerait la collecte d'autres données sur la circulation, en relation avec divers types d'incidents.
- Il serait nécessaire de compléter les estimations fondées sur les principes d'ingénierie au moyen d'une approche de calcul *économique* de la congestion et de l'estimation des coûts qui y sont associés, afin de permettre une compréhension plus complète du sujet et des mesures qu'il serait possible de prendre afin d'agir sur la congestion de la circulation.

12. Conclusions

L'étude sur *Le coût de la congestion urbaine au Canada* constitue une première analyse systématique de la congestion au Canada. En ce sens, elle représente une étape importante afin de mieux comprendre la nature et la portée de la congestion urbaine au Canada et d'élaborer une méthode d'estimation harmonisée. Seule la congestion récurrente a été considérée, laquelle est associée à l'accumulation quotidienne de véhicules durant les périodes de pointe du matin et de l'après-midi, au moment où la majorité des gens se rendent au travail et à l'école ou en reviennent. L'étude a analysé les données pour neuf agglomérations urbaines canadiennes : Québec, Montréal, Ottawa-Gatineau, Toronto, Hamilton, Winnipeg, Calgary, Edmonton et Vancouver. L'univers d'analyse est focalisé sur les données de déplacement des véhicules automobiles passagers, réalisés sur les autoroutes et les artères, durant les périodes de pointe.

¹⁷ Les modèles de micro-simulation du réseau sont des modèles informatisés dans lesquels les mouvements des véhicules individuels dans les réseaux routiers sont représentés. Ces modèles offrent une représentation plus juste et précise du comportement réel des conducteurs et du réseau en situation de congestion. Ils sont de plus en plus reconnus pour l'évaluation et l'élaboration des systèmes de gestion et de contrôle de la circulation routière. Leur application à une échelle régionale pose toutefois de grands défis.

L'étude révèle que la congestion récurrente urbaine entraîne pour la société canadienne des coûts s'élevant entre 2,3 et 3,7 milliards de dollars (en dollars de 2002), selon le seuil de congestion utilisé. Plus de 90 p. 100 de ce coût représente le temps perdu par les conducteurs et les passagers dans la circulation, 7 p. 100 est attribuable à l'augmentation de la consommation de carburant et 3 p. 100 à l'augmentation des émissions de GES.

Cette estimation des coûts de la congestion est conservatrice, puisqu'elle ne comprend pas les éléments de coût qui pourraient être associés aux :

- fonctionnement des véhicules (autres que le carburant);
- polluants atmosphériques;
- nuisances sonores;
- déplacements de nature commerciale et au transport de marchandises;
- aux périodes hors-pointe;
- coûts de la congestion incidente (à savoir la congestion causée par des événements aléatoires, comme des intempéries, accidents, pannes, chantiers, etc.).

L'étude a permis de conclure que les données disponibles et les modèles de simulation de la demande de transport représentent des outils essentiels à l'estimation de la congestion, mais que leur disponibilité limite l'estimation complète de la congestion à un petit nombre d'agglomérations urbaines. Par conséquent, le fait d'inciter les autorités urbaines et provinciales à recueillir un plus grand nombre de données de qualité liées à la congestion et à élaborer des approches communes de modélisation pour la mise en œuvre des mesures de la congestion permettrait de mieux évaluer le phénomène de la congestion.

Il est à cet égard difficile d'établir des comparaisons justes entre chaque agglomération, puisque les données et la façon dont elles sont recueillies diffèrent. De plus, dans chaque agglomération, il est possible que la population et les décideurs possèdent une perception différente de ce que sont les conditions qui caractérisent une route congestionnée. Cependant, de tels indices de congestion, s'ils sont recueillis avec le temps, pourraient être particulièrement utiles pour assurer le suivi des tendances de la congestion.

L'étude ne représente qu'un premier pas à cet égard, bien qu'important, grâce à la suggestion d'une méthode que les agglomérations canadiennes pourraient utiliser afin d'élaborer leur propre estimation de la congestion.

En ce qui concerne l'évolution des coûts de la congestion, il est utile de noter que plusieurs facteurs influencent la congestion récurrente, notamment : la croissance rapide de la population et de l'urbanisation ainsi que la hausse de la possession et de l'utilisation de véhicules motorisés. Pendant la décennie de 1993 à 2003, la population du Canada a augmenté de 2,7 millions, ou de 9,3 p. 100. La proportion urbanisée de la population est passée de 77 p. 100 à 80 p. 100. La croissance a été plus rapide dans les plus grandes zones métropolitaines (celles dont la population était supérieure à 100 000 ont connu une croissance d'environ 16 p. 100 au cours de cette décennie). La croissance s'est concentrée dans quatre grandes zones urbaines, à savoir la région étendue du Golden

Horseshoe¹⁸, Montréal et ses environs, le Lower Mainland et le sud de l'île de Vancouver et le corridor Calgary–Edmonton. En 2003, près de 65 p. 100 de la population du Canada, environ 20 millions de personnes, habitait dans les 27 régions métropolitaines de recensement (RMR) du pays, une légère augmentation par rapport au 61,8 p. 100 enregistré en 1993.

La croissance a été particulièrement rapide dans les régions métropolitaines de Vancouver (23 p. 100) et de Calgary (27 p. 100) pendant cette période. De loin, la plus grande augmentation réelle de la population a eu lieu dans la zone métropolitaine de Toronto, où la population a connu une hausse de 900 000 habitants ou de 21,5 p. 100, au cours de la décennie¹⁹.

La possession de véhicules motorisés a aussi augmenté plus rapidement que la population totale. Le nombre combiné d'automobiles et de camions a connu une augmentation de 13 p. 100 pendant la décennie de 1993 à 2003. Les rapports de statistiques sur l'utilisation totale des véhicules à l'échelle nationale révèlent qu'il est probable que le total des véhicules-kilomètres parcourus ait augmenté au moins aussi rapidement que le nombre total de véhicules.

La circulation des camions a connu une croissance encore plus rapide que celle des véhicules personnels au cours des 15 dernières années, sous l'influence de la déréglementation, du libre-échange nord-américain et des innovations continues de la logistique (p. ex. la livraison « juste-à-temps »).

Conséquemment, on s'attend à ce que la congestion dans le futur soit exacerbée par la poursuite de la croissance de population du Canada (environ 0,75 p. 100 par année, jusqu'en 2020) et de l'accroissement de l'urbanisation (80% d'ici 2020), de même que l'augmentation du produit intérieur brut (2 p. cent par année) et si la tendance se maintient, la croissance des taux de possession et d'utilisation d'automobile avoisinera les 3 p. 100 par année.

¹⁸ Cette région est constituée des centres urbains d'Oshawa, de Toronto, de Hamilton, de St. Catharines et de Niagara, ainsi que de Kitchener, de Guelph et de Barrie. En 2001, la région comprenait 59 p. 100 de la population de l'Ontario et 22 p. 100 de la population nationale. Près de la moitié de la croissance totale de la population au Canada a eu lieu dans cette région.

¹⁹ Statistique Canada, *Statistiques démographiques annuelles*, 91-213-XIB2004000. Les renseignements sur le recensement sont également disponibles sur le site Web de Statistique Canada.

Références

BELL, K. *Valuing Emissions from Germiston Generating Project* (évaluation des émissions du projet de production de Germiston), Seattle, Convergence Research, 1994.

GOURVIL, L. et F. JOUBERT. *Évaluation de la congestion routière dans la région de Montréal*, Ministère des Transports du Québec, 2004.

HELLIGA, B. et T. CHAN. *Issues Related to Quantifying the Environmental Impacts of Transportation Strategies Using GPS Data* (questions liées au chiffrage des répercussions sur l'environnement des stratégies des transports au moyen des données obtenues par GPS), Ottawa, mai 2002. Document présenté lors de l'assemblée annuelle du Canadian Institute of Transportation Engineers.

KRIGER, D. *Methods to Estimate Non-Recurrent Congestion in Canada* (méthodes pour estimer la congestion incidente au Canada), 2005. Rapport remis à Transports Canada.

KRIGER, D., F. JOUBERT, M. BAKER et G. JOUBERT. *The Costs of Urban Congestion in Canada* (les coûts de la congestion dans le secteur des transports du Canada), 2005. Rapport présenté à Transports Canada.

MUNICIPALITY OF METROPOLITAN TORONTO. 1987. Metropolitan Toronto Goods Movement Study: Technical Report. Toronto.

SCHRANK, David et Tim LOMAX. *The 2004 Urban Mobility Report* (rapport sur la mobilité urbaine), Texas Transportation Institute, 2004.

STATISTIQUE CANADA. *Enquête sur les véhicules au Canada, 1999-2005*. Enquête financée par Transports Canada et effectuée par Statistique Canada.

STATISTIQUE CANADA. *Indice des prix à la consommation : aperçu historique*, 62-001-XPB et 62-010-XIB.

STATISTIQUE CANADA. *Statistiques démographiques annuelles*, 91-213-XPB.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB) COMMITTEE ON HIGHWAY CAPACITY AND QUALITY OF SERVICE, *Highway Capacity Manual (HCM)*, 2000.

TRANSPORTS CANADA. *Valeur des économies de temps de déplacement pour les passagers*, 1993, Rapport TP 11788.

WATERS II, W.G. *Chapter 4: Congestion and the Valuation of Travel Time Savings* (chapitre 4 : Congestion et valeur de l'économie de temps dans les déplacements), Transports Canada, 2004. Ébauche.

WATERS II, W.G. *The Value of Time Savings for the Economic Evaluation of Highway Investments in British Columbia* (la valeur de l'économie de temps pour l'évaluation économique des investissements dans les autoroutes en Colombie-Britannique), mars 1992.