

Ressources naturelles Canada / GIMVEC

**INCIDENCE DE LA CONGESTION
ROUTIÈRE SUR LES ÉMISSIONS DE
CO₂ AU CANADA**

Rapport final

Mars 1999

DELCAN CORPORATION

2001, promenade Thurston

Boîte postale 8004

Ottawa (Ontario) K1G 3H6

Téléphone : (613) 738-4160

Télécopieur : (613) 739-7105

en collaboration avec

A.K. SOCIO-TECHNICAL

CONSULTANTS

(OTTAWA) INCORPORATED

145, promenade Owl

Ottawa (Ontario) K1V 9J5

Téléphone : (613) 738-1575

Télécopieur : (613) 738-1575

Résumé

R.1 Objet

Le présent document constitue le rapport final concernant l'étude intitulée *Incidence de la congestion routière sur les émissions de CO₂ au Canada*. Cette étude visait trois objectifs :

1. déterminer l'incidence de la congestion routière sur les émissions de CO₂, ainsi que les aspects connexes, par un examen de la documentation existante;
2. examiner les modèles utilisés actuellement en matière de transports dans les trois principales régions urbaines du Canada (Montréal, Toronto et Vancouver), ainsi qu'à Edmonton;
3. recommander des approches et des méthodes permettant de perfectionner les modèles précités (qui fournissent des prévisions sur les déplacements et la congestion routière dans chacune des régions urbaines), afin de prévoir la quantité d'émissions de CO₂ attribuable à la congestion des voies de circulation.

Delcan Corporation, en collaboration avec A.K. Socio-Technical Consultants, a réalisé cette étude pour Ressources naturelles Canada (RNCan), ainsi que pour le Comité gouvernement/industrie sur l'énergie utilisée par les véhicules automobiles (GIMVEC). Ce comité est composé de représentants de l'industrie automobile, ainsi que de représentants du gouvernement du Canada issus de RNCan, Transports Canada et Environnement Canada.

Au Canada, le gouvernement et l'industrie se sont engagés en faveur d'une approche nationale équilibrée visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES). Le dioxyde de carbone (CO₂) est le principal GES produit par le secteur des transports, y compris le transport routier. Il est admis que le niveau de congestion routière influe sur la consommation de carburant et sur les émissions de CO₂. Cependant, RNCan et le GIMVEC ont déterminé qu'il est nécessaire de mieux comprendre les liens existant entre, d'une part, la congestion routière et, d'autre part, la consommation de carburant et les émissions de CO₂, ainsi que les outils dont on dispose pour prévoir ces relations dans les trois principales régions urbaines du Canada, à savoir les régions de Montréal, Toronto et Vancouver.

Il est à noter que les objectifs de l'étude étaient principalement descriptifs et normatifs; c'est pourquoi l'étude ne visait pas à quantifier la consommation réelle de carburant, ni les émissions de CO₂, dans les trois régions urbaines précitées. L'étude ne fait pas non plus de distinction entre les types de véhicule (p. ex., véhicules légers et véhicules lourds), ni entre le CO₂ et les gaz équivalant au CO₂.

Le rapport est subdivisé en trois parties distinctes. Chacune des parties porte sur des objectifs de l'étude. La première partie est consacrée à l'examen de la documentation. La deuxième partie décrit les capacités de modélisation qui existent actuellement pour les trois régions urbaines visées, ainsi que pour la ville d'Edmonton. Enfin, la troisième partie propose un cadre analytique d'évaluation permettant de quantifier et de prévoir la congestion routière, la consommation de carburant et les émissions de CO₂ dans les régions urbaines du Canada. Les principaux éléments des trois parties sont résumés ci-après.

R.2 Partie I : Examen de la documentation

L'objet de la partie I de l'étude était de définir la notion de congestion routière et de déterminer l'incidence de ce facteur sur la consommation de carburant et les émissions de CO₂. Cette tâche a été accomplie principalement par un examen de la documentation, dont le but était de définir la relation existant entre les aspects précités et de décrire les techniques et les modèles utilisés pour caractériser cette relation.

Tout d'abord, il s'agit de déterminer ce qu'on entend par *congestion routière*. Ce phénomène se produit habituellement dans les situations suivantes :

- le réseau routier ne permet pas de faire circuler les véhicules à une vitesse adéquate;
- existence d'une situation conflictuelle entre les divers types de circulation (voitures, camions, autobus, cyclistes et piétons);
- les dispositifs de régulation de la circulation ne sont pas utilisés de manière appropriée ou ne sont pas coordonnés de manière à optimiser le flux de circulation dans un couloir donné.

Bien que la congestion routière soit normalement associée aux heures de pointe du matin et du soir des jours de semaine, elle peut également survenir aux cours de week-ends, durant des jours fériés ou en période de vacances, avant ou après des événements sportifs ou culturels, ou durant des travaux de construction ou d'entretien des routes.

La congestion routière comporte une dimension spatiale et une dimension temporelle. Du point de spatial, elle peut se produire tant sur des tronçons longs que sur des tronçons courts d'une route, tandis que du point de vue temporel, elle peut durer quelques minutes, quelques heures ou une journée entière.

Un rapport du National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), intitulé *Report Quantifying Congestion* (1997), offre une définition pratique de la congestion routière :

- la *congestion routière* correspond à un temps ou à un retard de déplacement qui excède le temps ou le retard qui est normalement associé à une circulation faible ou fluide;
- une *congestion routière inadmissible* correspond à un temps ou à un retard de déplacement qui excède une norme convenue qui peut varier selon le réseau de transport, le mode de déplacement, l'heure et l'emplacement géographique.

Le rapport du NCHRP définit également quatre composantes qui servent à quantifier la portée de la congestion routière : c'est la *durée*, l'*étendue*, l'*intensité* et la *fiabilité*.

Dans un rapport de l'Association des transports du Canada (ATC) daté de 1996, on a établi un indicateur de congestion routière fondé sur cinq régions urbaines du Canada. Cette mesure est déterminée par la distance moyenne de déplacement multipliée par le nombre de déplacements effectué au moyen d'un véhicule et divisée par le nombre de kilomètres de voie de circulation principale et de route express. Ces données révèlent un écart considérable entre divers grands centres urbains du Canada; elles montrent également que l'indice de Montréal, Ottawa, Toronto et Vancouver est de nombreuses fois supérieur à l'indicateur d'autres régions urbaines du Canada (ATC 1996).

Le Texas Transportation Institute (TTI) a réalisé une étude (*Urban Mobility Study*) portant sur 50 régions urbaines des États-Unis. Cette étude est fondée sur des données relatives aux transports qui ont été recueillies entre 1982 et 1994. Les centres urbains avaient été classés d'après divers critères, dont l'indice de congestion routière, le retard, le taux de variation de vitesse à l'échelle de la région, le carburant gaspillé et les coûts.

Les études effectuées un peu partout dans le monde montrent qu'on s'attend à ce que la congestion routière continue d'augmenter à un rythme soutenu dans les principaux centres urbains, ainsi que dans les régions urbaines de taille moyenne et de petite taille (Birk et Bleviss 1991, Birk et Zegras 1993; CEMT 1985, 1998, Khan 1993).

Causes de la congestion routière. L'examen de la documentation a permis de cerner plusieurs causes. Une cause importante de la congestion routière est le déséquilibre entre la demande de transport et la capacité du réseau de transport à répondre à cette demande. D'autres causes importantes sont liées aux aspects des régions urbaines mentionnés ci-après :

- l'utilisation des terres et les caractéristiques socioéconomiques de la région urbaine (c.-à-d. la répartition des activités, le degré d'expansion, etc.);
- les caractéristiques des périodes de pointe – les heures et les types de période de pointe, les tronçons particuliers et l'impossibilité d'adaptation du réseau routier sont autant de causes importantes de la congestion routière;
- la gestion des incidents et des accidents (y compris l'entretien des routes, les conditions atmosphériques, etc.);
- l'information qui est accessible aux voyageurs (p. ex., les systèmes d'information routière en temps réel permettent aux conducteurs de réagir rapidement et d'éviter des lieux d'accidents, des goulots d'étranglement, etc., et d'utiliser ainsi pleinement la capacité disponible et d'améliorer le flux de circulation).

De nombreuses **conséquences hautement négatives** sont attribuées à la congestion routière, dont les suivantes : augmentation du coût d'utilisation des véhicules, y compris une consommation accrue de carburant; augmentation des coûts liés à la perte de temps et

de productivité; hausse des coûts résultant d'accidents liés à la congestion routière; accroissement des émissions polluantes.

Toutefois, il existe plusieurs mesures permettant de réduire la congestion routière. Ces mesures peuvent être regroupées dans les trois catégories décrites ci-après :

- ***Gestion de la demande.*** Cette catégorie comprend un large éventail de mesures par lesquelles on essaie d'influer sur le comportement des conducteurs, afin de réduire la congestion routière, et en particulier celle associée à l'utilisation de véhicules à occupant unique durant les heures de pointe. Les mesures de gestion de la demande, comme les programmes de covoiturage et les voies réservées aux véhicules à coefficient élevé d'occupation (VCEO), visent principalement à réduire le nombre de véhicules à occupant unique.
- ***Gestion de la circulation.*** Sous cette catégorie sont regroupées les stratégies, autres que la construction d'infrastructures routières importantes, qui sont susceptibles d'influer sur la capacité de transport (optimisation des infrastructures existantes).
- ***Amélioration de la capacité et du niveau de service.*** La capacité et le niveau de service peuvent être améliorés en construisant de nouvelles routes ou en élargissant des routes existantes. La capacité d'une infrastructure est définie comme le nombre maximum de véhicules qui peuvent parcourir un tronçon uniforme de route en une heure, durant une période et dans des conditions données (état de la route, circulation et signalisation).

L'examen de la documentation a également porté sur quatre aspects fondamentaux de la congestion routière, qui sont décrits ci-après :

- ***Relation entre la quantité et la vitesse de la circulation, et la congestion routière.*** Selon la théorie classique du flux de trafic, lorsque le volume, la vitesse a tendance à diminuer. Les paramètres sur lesquels est fondée cette relation dictent le rythme auquel se produit cette diminution. Ainsi, la théorie moderne laisse penser que la réduction de vitesse pourrait être tout à fait négligeable jusqu'à ce que le volume de circulation s'approche de la capacité du tronçon de route étudié; à ce stade, la réduction de la vitesse est très importante et c'est à ce moment-là que se produit la congestion. Après avoir passé en revue la théorie du flux de trafic, l'examen de la documentation nous a permis de décrire la façon dont différents modèles quantifient la relation précitée.
- ***Méthodes utilisées pour caractériser la congestion routière.*** Il existe plusieurs méthodes d'analyse des infrastructures en particulier ainsi que des réseaux régionaux entiers. Une *infrastructure* peut être une simple intersection ou un échangeur, ou un tronçon d'artère ou d'autoroute de longueur variable. Souvent, des couloirs et des réseaux routiers font également l'objet d'études dans le but d'améliorer leur capacité. La caractérisation de la congestion routière est une tâche essentielle, quelle que soit la taille de l'infrastructure ou du réseau. Dans le cadre de l'examen de la documentation, on a examiné les « normes du secteur » actuelles et comparé entre

elles les diverses méthodes d'analyse. Les méthodes émergentes ont également été étudiées.

- ***Relation entre la consommation de carburant des véhicules, et les émissions de CO₂ et les profils de vitesse.*** La relation entre la consommation de carburant et la vitesse instantanée est relativement bien définie. Cependant, les taux de consommation de carburant propres aux divers types de véhicule sont fondés sur des cycles de conduite déterminés caractérisés par des vitesses moyennes. Les questions et les facteurs liés à la vitesse des véhicules, à la consommation de carburant et aux émissions de CO₂ ont été examinés dans cette partie. Les principaux facteurs étudiés ont trait à l'entretien des véhicules, à l'environnement dans lequel sont utilisés les véhicules, ainsi qu'au comportement des conducteurs. Dans l'examen de la documentation, on a également examiné les technologies et les conceptions de véhicules existantes et émergentes qui pourraient influencer sur la consommation de carburant et sur les émissions de CO₂.
- ***Modèles de consommation de carburant.*** Ces modèles mettent la consommation de carburant en rapport avec de nombreuses caractéristiques des réseaux routiers, comme le nombre de véhicules-kilomètres parcourus, le nombre d'arrêts par unité de temps, le total du retard des véhicules par unité de temps et la vitesse moyenne des véhicules. L'examen de la documentation a permis de répertorier plusieurs modèles, y compris des modèles fondés sur les éléments des modes de conduite, sur la vitesse instantanée ou sur la moyenne. Chaque modèle présente des caractéristiques qui s'appliquent à des situations précises, selon le niveau d'exactitude recherché et la quantité de données relatives à la circulation dont on dispose.

R.3 Partie II : Capacités de modélisation actuelles

Dans la partie II, on examine les capacités de modélisation actuelles des trois régions urbaines visées. Chacune de ces régions a mis au point un modèle sophistiqué de prévision de la demande de déplacement, à l'aide du logiciel EMME/2. Ces modèles simulent des déplacements par tous les modes de transport urbains (voiture particulière, transport en commun, etc.). Ils sont utilisés couramment dans les plans de transport pour cerner les besoins futurs en matière d'infrastructure, d'après l'intensité de circulation et le degré de congestion prévus. Ils servent également à évaluer l'incidence de politiques de remplacement, comme celles relatives à l'emplacement d'aménagements futurs ou l'incidence de politiques de tarification routière ou de méthodes de gestion de la demande, etc.

En raison de cette couverture exhaustive des déplacements urbains, et parce qu'ils permettent de prévoir les déplacements dans un grand nombre de conditions, les modèles relatifs à la demande de déplacement offrent une base appropriée pour la prévision de la consommation de carburant et des émissions de CO₂. Ces modèles sont d'ailleurs utilisés dans le cas des trois régions urbaines précitées pour l'étude des GES, bien qu'à des degrés différents.

Nous avons donc évalué la capacité de modélisation de la demande de déplacement, de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ dont disposent les villes de Montréal, Toronto et Vancouver. Une enquête détaillée par interviews, ainsi que notre connaissance des trois modèles et des régions urbaines correspondantes ont servi de base à l'évaluation. À la demande du client, nous avons également analysé le modèle EMME/2 utilisé par la ville d'Edmonton, qui comporte un traitement exhaustif de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ et qui se penche sur certaines des limites inhérentes à la modélisation de la demande de déplacement urbaine.

En outre, nous avons comparé ces capacités de prévision avec celles du modèle IFSD (*Inter-Fuel Substitution Demand* – Demande de substitution intercombustible) de RNCAN, qui sert à établir des prévisions de consommation de carburant et d'émissions. Ce modèle fournit des prévisions économétriques pour l'ensemble du Canada, ainsi que pour des régions en particulier (une province ou un territoire, ou un groupe de provinces ou de territoires) et permet de prévoir la demande pour tous les secteurs des transports (passagers et marchandises, urbain et interurbain). Cependant, parce qu'il est fondé sur des éléments économiques, ce modèle ne peut rendre compte explicitement de l'incidence (par exemple) de la tarification routière, de la gestion de la demande ou des politiques sur l'utilisation des sols. Ce modèle peut être considéré comme une méthode descendante par opposition aux modèles EMME/2 urbains, qui pourraient être considérés comme des méthodes ascendantes.

Voici ce que nous avons constaté dans l'ensemble :

- On définit une hiérarchie à quatre niveaux : utilisation des terres,– demande de déplacements, circulation routière, qualité de l'air. Cette hiérarchie reconnaît le fait que les décisions à long terme relatives à l'utilisation des terres (où habiter, où travailler, etc.) peuvent avoir une incidence sur la dynamique à court terme des émissions polluantes des véhicules. Aux États-Unis, on essaie actuellement de modéliser cette hiérarchie, en partie pour répondre aux exigences légales relatives à la qualité de l'air. Cependant, il faudra attendre encore plusieurs années avant de disposer de modèles entièrement opérationnels qui couvrent tous les éléments de la hiérarchie précitée.
- Au Canada, il n'y a pas de hiérarchie semblable (ni du point de vue légal, ni sur le plan des modèles). Cependant, chacune des quatre régions urbaines visées dispose d'un modèle sophistiqué de prévision de la demande de déplacement. Toutes ces régions utilisent le logiciel EMME/2.
- Chaque modèle est fondé sur des bases de données exhaustives, et notamment des enquêtes « origine-destination », des données sur l'utilisation des terres (données démographiques et socioéconomiques), ainsi que des statistiques sur la circulation.
- Ces modèles et ces données offrent une base exhaustive et suffisante pour modéliser la consommation de carburant et les émissions de CO₂.

- Parmi les trois grandes régions urbaines, seule celle de Montréal a recours à une modélisation de la consommation de carburant dans son modèle EMME/2. Seule Vancouver modélise les émissions de CO₂, tandis qu'Edmonton modélise aussi bien la consommation de carburant que les émissions de CO₂.
- Aucune exigence légale précise n'oblige à modéliser la consommation de carburant ou les émissions de CO₂. Toutefois, dans les trois grandes régions, il y a un fort intérêt pour la modélisation dans le cadre de politiques. Ainsi le Plan de gestion de la qualité de l'air (*Air Quality Management Plan*) de la région métropolitaine de Vancouver exige à toutes fins pratiques des capacités de modélisation, que l'on trouve par exemple dans le Regional Transportation Energy and Emission Model (RTEEM). On peut dire que parmi les modèles utilisés par les trois régions urbaines, le RTEEM est le plus complet en ce qui a trait aux émissions de CO₂, tandis que le modèle du ministère des Transports du Québec (utilisé pour Montréal) peut être considéré comme le plus complet pour la modélisation de la consommation de carburant, bien que l'on manque de données de référence.

En résumé, nous estimons qu'il existe une base adéquate pour la modélisation de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ dans les régions urbaines précitées. Cette base est constituée par le modèle de prévision de la demande de déplacement de chacune de ces régions. Cependant, nous avons trouvé plusieurs lacunes à ce chapitre :

- Il faut davantage de données de référence.
- Il faut prendre en compte non seulement la période de pointe du matin, mais également le reste de la journée et les conditions de toute l'année. Il s'agit là d'une question essentielle, étant donné que les modèles utilisés dans les trois grandes régions urbaines (et dans la plupart des autres villes) sont centrés sur les conditions de déplacement associées à la période de pointe du matin. La ville d'Edmonton s'est penchée sur cette question en simulant différentes tranches de temps à d'autres périodes de la journée, reconnaissant ainsi le fait que le choix de mode de transport et d'itinéraire effectué par le voyageur pour un déplacement donné est lié à l'activité qu'il ou elle pratique durant le reste de la journée. En outre, du point de vue quantitatif, la plupart des déplacements ont lieu en dehors des périodes de pointe du matin et du soir. À Edmonton, par exemple, les deux tiers de tous les déplacements du week-end sont effectués en dehors des deux périodes de pointe.
- Il est nécessaire de reproduire les capacités de modélisation de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ (c.-à-d. de réunir les trois régions urbaines sur une base commune). Dans ce cas également, Edmonton peut servir d'exemple, tout comme Montréal et Vancouver (à des degrés différents).
- Il faut reproduire les capacités en matière de gestion de la demande et de tarification routière (toujours pour réunir les trois régions urbaines sur une base unique). À cet égard, le modèle de Vancouver est le plus développé, étant donné qu'il comporte des

capacités d'examiner les mesures relatives à la tarification routière et à la gestion de la demande. (Tous les modèles utilisent des prévisions de l'utilisation des terres comme données d'entrée.)

Deux aspects connexes, mentionnés ci-après, devraient également être pris en considération lors de l'examen des capacités actuelles de modélisation de la consommation de carburant et des émissions de CO₂.

- *L'établissement d'une hiérarchie complète de « prise de décisions » (modélisation)* permettrait l'élaboration de toute la gamme de politiques et de plans urbains qui est nécessaire pour atteindre les objectifs en matière de réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂. Ces politiques et ces plans doivent mettre l'accent sur le lien qui existe entre les modèles de prévision de la demande de déplacement et la « qualité de l'air ». Cependant, une telle approche ne tient compte ni des modèles de circulation routière, ni des modèles d'utilisation des terres (qui sont respectivement les niveaux 3 et 1 de la hiérarchie). Dans une certaine mesure, avant de pouvoir établir la hiérarchie, il faut attendre le résultat des projets qui ont été entrepris aux États-Unis et dont il a été question précédemment. En revanche, les régions urbaines canadiennes pourraient progresser beaucoup en utilisant les méthodes et les modèles existants, ainsi que par l'élaboration de modèles d'utilisation des terres et des modèles de circulation routière.
- *Autres avantages.* Un grand nombre des besoins techniques et des approches qui ont été relevés dans cette étude renvoient à d'autres questions, qui vont au-delà de la modélisation de la consommation de carburant et des émissions de CO₂. On peut citer, par exemple, la planification urbaine visant l'établissement de « milieux de vie sains et vivables » et l'amélioration des moyens permettant de prévoir les flux de revenus provenant de la tarification routière dans le cas de routes privatisées (qui est une question importante pour les investisseurs privés). Les avantages associés à des capacités de modélisation plus explicites concernant la consommation de carburant et les émissions de CO₂ iraient bien au-delà de la satisfaction des besoins immédiats en matière de politique énergétique et environnementale.

R.4 Partie III : Cadre d'évaluation

À la lumière des analyses qui précèdent, nous proposons, dans la partie III, un cadre analytique devant servir de point de référence en ce qui a trait à l'incidence de la congestion routière sur la consommation total de carburant et, dans un deuxième temps, sur les émissions de CO₂, à Montréal, Toronto et Vancouver. Ce cadre décrit des approches et des méthodes de remplacement (et évalue l'adéquation de celles-ci) pour analyser les conséquences de la congestion routière sur la consommation de carburant et sur les émissions de CO₂ et ce, pour différents horizons temporels.

Ce cadre est établi à partir de la description des capacités de modélisation dont on dispose actuellement dans les trois grandes régions urbaines et à Edmonton, mais il pourrait être appliqué également à d'autres villes aux quatre coins du Canada.

Le cadre est une sorte de « menu » d'approches et de méthodes qui permettent d'évaluer l'incidence de la congestion routière sur la consommation de carburant et sur les émissions de CO₂. Il est important de noter que toutes ces méthodes ont été choisies en fonction de leur caractère pratique et de leur faisabilité, et que le choix le plus indiqué pourrait bien être une combinaison de méthodes. Plusieurs des options peuvent être écartées rapidement en raison de contraintes connues ayant trait au temps disponible pour effectuer une évaluation, tandis que d'autres options pourraient ne pas être envisagées en l'absence d'une volonté d'orienter des ressources vers leur mise en œuvre. Le cadre proposé est présenté dans le tableau ES-1.

Ce cadre comporte trois niveaux d'analyse, qui sont décrits ci-après :

- **Niveau des politiques.** Ce niveau a trait aux méthodes qui servent à évaluer, à l'échelle de la région urbaine, la variation des émissions de CO₂ résultant de la mise en œuvre de diverses politiques qui visent une réduction de la congestion routière, comme l'imposition d'une taxe sur le carburant ou la majoration des droits d'immatriculation des véhicules.
- **Niveau stratégique.** Ce niveau est celui des méthodes qui permettent d'évaluer la variation des émissions de CO₂ résultant de la mise en œuvre de mesures de gestion de l'offre ou de la demande qui visent une réduction de la congestion routière, comme l'introduction de voies réservées aux véhicules à coefficient élevé d'occupation (VCEO) et l'amélioration des transports en commun.
- **Niveau tactique.** On trouve à ce niveau les méthodes utilisées pour mesurer les variations des émissions de CO₂ résultant de la mise en œuvre de diverses stratégies de gestion ou de régulation de la circulation, comme les systèmes évolués de gestion de la circulation (ATMS), pour la signalisation routière, les systèmes de gestion de la circulation autoroutière (FTMS), ainsi que les mesures d'optimisation locale d'intersections ou d'échangeurs d'autoroutes.

Le cadre proposé est également défini du point de vue temporel d'après les trois critères suivants :

- *immédiat* – période de 3 à 6 mois;
- *court terme* – période de 6 à 12 mois;
- *long terme* – période de 1 à 5 ans.

Tableau R-1 : Cadre proposé pour l'évaluation de l'incidence de la congestion routière sur les émissions de CO₂

		<i>Horizon temporel</i>		
		Immédiat (3 à 6 mois)	Court terme (6 à 12 mois)	Long terme (1 à 5 ans)
Approche	Niveau des politiques	Utiliser des indices composés de consommation de carburant qui sont sensibles à la congestion routière. Considérer l'utilisation de modèles économétriques modifiés (c.-à-d. le modèle IFSD de RNCan) ou des indices régionaux (c.-à-d. l'indice de carburant gaspillé du TTI).	Même façon de procéder que pour l'horizon immédiat, mais avec l'intégration des paramètres d'entrée de modèle et des prévisions améliorés.	Même façon de procéder que pour l'horizon à court terme, mais avec l'intégration des améliorations apportées aux paramètres d'entrée de modèle et aux prévisions.
	Niveau stratégique	Utiliser les modèles EMME/2 existants conjointement avec des programmes d'adaptation qui calculent la consommation de carburant et les émissions de CO ₂ .	Utiliser les modèles EMME/2 existants avec des modules de consommation de carburant et d'émissions de CO ₂ à jour.	Utiliser des modèles intégrés d'utilisation des terres et de transport pour modéliser toute la gamme de décisions qui influent sur les déplacements urbains.
	Niveau tactique	Appliquer des modèles de simulation, comme le modèle INTEGRATION, à des réseaux simples et de petite taille. Les émissions de CO ₂ peuvent être estimées d'après la consommation de carburant, à l'aide de facteurs.	Même façon de procéder que pour l'horizon immédiat, mais avec une zone d'étude élargie (c.-à-d. un couloir détaillé) et des paramètres d'entrée améliorés. Les émissions de CO ₂ seront estimées explicitement par le modèle.	Même façon de procéder que pour l'horizon à court terme, mais avec une zone d'étude élargie (c.-à-d. avec un sous-réseau de niveau régional) et des paramètres d'entrée améliorés.

Dans le cas de l'horizon temporel immédiat, il est impossible d'élaborer des outils d'évaluation entièrement nouveaux; il faut donc utiliser les méthodes existantes. D'autre part, dans le cas d'un horizon temporel illimité, le « menu » d'approches possibles pourrait être limité si l'on ne dispose pas des ressources pour recueillir les données nécessaires à la mise en œuvre d'une méthode existante ou pour perfectionner une telle méthode. Le « menu » pour les trois approches est décrit ci-après :

- **Niveau des politiques.** Au niveau des politiques, toute évaluation de l'incidence de la congestion routière sur les émissions de CO₂ comporterait l'application de méthodes « sommaires » existantes. Le modèle IFSD de RNCAN est l'une de ces méthodes (en supposant que le modèle puisse être modifié pour tenir compte de l'incidence de la congestion routière). Ce modèle économétrique a été utilisé pour produire les prévisions présentées dans les *Perspectives énergétiques* de RNCAN.

Une deuxième méthode existante est celle fondée sur un *indice de carburant gaspillé* appliqué à l'échelle de la région visée. Cet indice est une estimation de la quantité de carburant qui est gaspillé en raison de la congestion routière. L'indice du TTI, qui a été créé par cet institut dans le cadre de son étude sur la mobilité urbaine (*Urban Mobility Study*), représente une approche appropriée (voir le résumé de la partie I, ci-dessous).

Dans le cas des horizons temporels immédiat, à court terme et à long terme, l'une ou l'autre des méthodes précitées serait applicable au niveau des politiques. L'élargissement de l'horizon temporel permettrait d'améliorer les paramètres d'entrée et les prévisions.

- **Niveau stratégique.** Les méthodes utilisées au niveau stratégique représentent un changement par rapport aux modèles macroscopiques régionaux (ou provinciaux) appliqués au niveau des politiques. Dans l'évaluation effectuée au niveau stratégique, on utilise des modèles de prévision de la demande urbaine de déplacement pour estimer l'« activité des véhicules ». Comme nous l'avons mentionné précédemment, les modèles urbains diffèrent du modèle IFSD de RNCAN par plusieurs aspects fondamentaux : la zone visée (une région urbaine plutôt que l'ensemble de la province); l'approche (microéconomique plutôt que macroéconomique); la méthode (une description globale des activités de tous les voyageurs plutôt que l'activité des véhicules). Ce qui est tout aussi important est que ces modèles urbains rendent compte explicitement de la congestion routière et permettent de prendre en considération l'incidence sur le comportement des voyageurs de l'application de tarifications routières, de la gestion de la demande de déplacement, etc. Les modèles EMME/2 existants qui sont utilisés pour les trois grandes régions urbaines visées représentent une solide base analytique pour les travaux futurs. Cependant, comme nous l'avons déjà mentionné (voir résumé de la partie II), les capacités réelles de modéliser la consommation de carburant et les émissions de CO₂ varient entre les trois régions en question. À cet égard, les capacités de modélisation dont dispose la ville d'Edmonton (qui sont fondées sur le modèle EMME/2) pourraient servir de point de repère.

Dans le cas de l'horizon temporel immédiat, on pourrait utiliser aussi bien le modèle IFSD de RNCAN que les autres modèles urbains. Il faudrait alors faire appel au jugement dans une mesure considérable; cependant, des données suffisantes et des indicateurs pourraient être obtenus à l'aide des deux types de modèle, afin de valider l'un des modèles au moyen de l'autre. Le résultat est une combinaison des deux types de modèle. Toutefois, le cadre temporel empêche l'élaboration d'une base de

prévision commune (c.-à-d. qui comporte des hypothèses communes concernant la gestion de la demande de déplacements, la tarification routière, etc.) pour les trois régions urbaines.

Le but à court terme est d'améliorer les capacités des modèles urbains pour la modélisation de la consommation de carburant et des émissions de CO₂. Ces améliorations tiendraient compte d'éléments d'entrée plus récents (et locaux), à savoir les taux d'émission, les types de véhicule, etc. L'élargissement de l'horizon temporel offre également la possibilité d'établir une base et des scénarios prévisionnels compatibles pour les trois autorités régionales chargées de la planification. L'objectif à long terme est d'élargir les capacités de modélisation, afin de mieux prendre en compte la séquence de prise de décision du voyageur, et plus précisément d'ajouter une capacité de modélisation initiale de l'utilisation des terres. Un affinage ultérieur des estimations des émissions de CO₂ pourrait être obtenu en élaborant et en appliquant des modèles intégrés d'utilisation des terres et de transport appropriés. Un tel modèle est l'élément central de l'actuel programme américain d'amélioration du modèle de déplacements (Travel Model Improvement Program). Cependant, il faudra attendre encore quelques années avant de pouvoir disposer d'un prototype utilisable de ce modèle, bien que les modèles utilisés par la ville d'Edmonton offrent une certaine orientation pratique concernant cette approche.

- **Niveau tactique.** Ce niveau permet d'accroître les capacités de modélisation par la création d'outils de microsimulation. Ces outils représentent un autre progrès qui permet de passer des modèles de prévision de la demande de déplacement à une représentation plus détaillée et dynamique de la circulation routière, qui est nécessaire pour pouvoir effectuer une analyse complète de la consommation de carburant et des émissions de CO₂. Comme dans le cas des modèles de demande de déplacement du niveau stratégique, les réseaux routiers des trois grandes régions urbaines sont représentés, mais au niveau tactique, ils sont nettement plus détaillés. De plus, la circulation est modélisée au niveau du véhicule, plutôt que d'après les volumes horaire ou journalier. Étant donné que la modélisation des réseaux à ce niveau « microscopique » nécessite nettement plus de données d'entrée, et que l'on représente la dynamique des véhicules pris individuellement, les méthodes de simulation requièrent une puissance de calcul considérable. Ces contraintes peuvent limiter l'étendue de la zone étudiée, mais on obtient en revanche une meilleure représentation de la congestion routière, et donc une meilleure représentation de la consommation de carburant et des émissions de CO₂. Un modèle qui pourrait être utilisé pour une microsimulation visant à évaluer l'incidence de la congestion routière sur les émissions de CO₂ est le modèle INTEGRATION.

Dans le cas de l'horizon temporel immédiat, INTEGRATION pourrait être appliqué à des réseaux simples ou hypothétiques. La zone d'étude serait limitée à des réseaux peu étendus ou primaires, parce que les méthodes de modélisation microscopique ne sont pas couramment utilisées, ni applicables, actuellement, au niveau régional. La microsimulation pourrait être utilisée dans le cas de l'horizon temporel immédiat pour obtenir des informations générales sur l'incidence de la congestion routière sur les estimations de la consommation de carburant et sur les émissions de CO₂, mais non

pour obtenir des estimations relatives à l'ensemble d'une région donnée. Il est à noter qu'actuellement, le modèle INTEGRATION calcule la consommation de carburant comme mesure de sortie, à partir de laquelle on peut calculer les émissions de CO₂ à l'aide de facteurs publiés.

Le temps et les ressources supplémentaires dont on dispose dans le cas de l'horizon temporel à court terme élargissent le champ d'application des méthodes de niveau tactique à une zone d'étude plus vaste, qui pourrait être un couloir détaillé souvent engorgé (p. ex., un tronçon d'une autoroute urbaine). Ce laps de temps offre également la possibilité d'apporter des améliorations aux capacités du modèle INTEGRATION, comme la représentation de divers types de véhicule (plutôt que la représentation actuelle d'un véhicule composite unique) ou la modélisation explicite des estimations des émissions de CO₂. (Le concepteur d'INTEGRATION élabore actuellement de telles fonctions en vue de les inclure dans des versions futures du modèle.)

À long terme, on s'attend à une amélioration de l'applicabilité des modèles de microsimulation aux régions, ou aux sous-réseaux des régions. Des progrès dans les capacités de calcul devraient permettre de prendre en considération des réseaux plus étendus (ou peut-être des réseaux régionaux complets). En outre, d'autres améliorations d'INTEGRATION pourraient permettre, par exemple, la représentation de technologies utilisant des carburants de remplacement.

Pour de plus amples informations,

contactez:

Patrick Gosselin
Office de l'efficacité énergétique,
Ressources naturelles Canada
(613) 992-9254