

**SURVOL TECHNIQUE
DU
MODÈLE DE TRANSPORT
DE LA RÉGION DE MONTRÉAL**

Direction
du
partenariat,
de la
modélisation
et de la
géomatique

**SURVOL TECHNIQUE
DU
MODÈLE DE TRANSPORT
DE LA RÉGION DE MONTRÉAL**

Document de travail produit au :

Service de la modélisation des systèmes de transport

Direction du partenariat, de la modélisation et de la géomatique

Ministère des Transports du Québec

Rédaction :

Pierre Tremblay, ing.

Collaborateurs :

André Babin
Pierre Fournier
Louis Gourvil, ing.
Patrick Maillard, ing.
Martin Noël, ing.
Mario Pimparé,
Christian Richard, ing.,
Louis Rousseau
Brigitte St-Pierre
Nay-Sour Var, ing.

LE MODÈLE DE TRANSPORT DE LA RÉGION DE MONTRÉAL

Le Service de la modélisation des systèmes de transport (SMST) du Ministère des transports du Québec (MTQ) dispose d'un appareillage sophistiqué de modélisation des transports urbains, développé depuis la fin des années 1970, d'abord sur plate-forme UTPS¹ et ensuite en mettant à profit les logiciels EMME/2² (actuellement en version 9.2) et MADITUC³. Le modèle ainsi développé pour la région de Montréal est appelé «MOTREM» (*Modèle de transport de la région de Montréal*).

Ce modèle régional est continuellement révisé et bonifié, selon un cycle qui épouse celui de la production des nouvelles Enquêtes Origine-Destination (O-D) régionales réalisées sur ce territoire. Le plus récent calibrage du modèle s'appuie sur l'Enquête O-D 1998, ainsi que sur les comptages et relevés de vitesses réalisés en parallèle; il correspond à ce qu'on appelle le MOTREM-98 et constitue la pierre d'assise du système de modélisation du Ministère des transports pour la région de Montréal.

Le présent document constitue un survol méthodologique des constituantes du MOTREM-98. Il vise à expliquer certaines notions de base reliées à la modélisation des systèmes de transport et à situer comment elles sont traduites dans l'environnement particulier de modélisation de la grande région de Montréal, tel qu'il se présente en Septembre 2002.

1. Notions fondamentales

La **modélisation** se définit comme la structuration formalisée ou la représentation mathématique de phénomènes interreliés. Elle permet de les étudier et d'évaluer, par simulation, les impacts de **scénarios** d'intervention. Ses champs d'application en transport couvrent un large spectre de domaines : planification, développement de politiques, financement des services, aménagement et environnement, conception des infrastructures, circulation et exploitation des systèmes.

Le problème de transport à modéliser ici se résume à déplacer des personnes et des marchandises (*la demande*) du point « A » au point « B » (*le déplacement*), à travers un réseau de transport, supportant différents modes et véhicules (*l'offre*). Les déplacements se réalisent à un certain coût et temps et sont associés à des impacts sur le système de transport et sur l'environnement (*la performance*) qu'on mesure par différents indicateurs. La demande en transport dépend aussi de plusieurs facteurs externes, tandis que l'offre est conditionnée par des choix contrôlés.

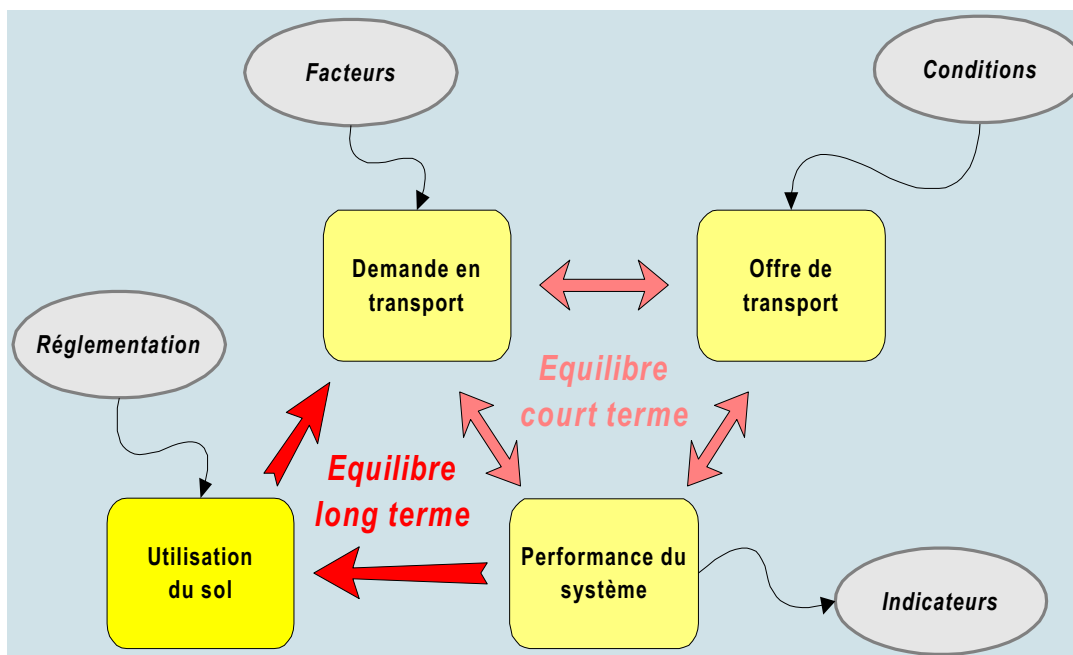
¹ UTPS : Urban Transportation Planning System, développé en 1970 par le Federal Highway Administration (FHWA), U.S. Department of Transportation.

² EMME/2: Equilibre Multimodal / Multimodal Equilibrium, Les Conseillers INRO inc., Montréal [<http://www.inro.ca>]

³ MADITUC: Modèle d'Analyse Désagrégée des Itinéraires de Transport Urbain Collectif, Groupe MADITUC, École Polytechnique de Montréal [<http://www.transport.polymtl.ca>].

La figure 1 illustre l'établissement d'un équilibre à court terme entre la demande et l'offre, en fonction de la performance du système de transport. La congestion est une des manifestations de cette dynamique interne. À moyen et long terme, des équilibres se développent aussi entre le système de transport et l'aménagement du territoire, dont l'utilisation du sol est le reflet.

Figure 1
Notion d'équilibre dans le système de transport



Ce sont ces équilibres que tentent de comprendre et projeter les modèles de transport urbain dont on parle ici.

La modélisation nécessite une représentation structurée des systèmes de transport afin d'employer des méthodes de recherche opérationnelle (problèmes de réseaux). La demande en transport est généralement représentée sous forme de matrices de déplacement entre des zones dites d'origine et de destination. Les enquêtes O-D régionales permettent de capter un portrait de la demande à un moment donné; tandis que des modèles de projection de la demande sont utilisés pour la prévision des déplacements à moyen et long terme.

2. Les composantes du MOTREM

Le MOTREM-98 n'est pas une application de l'approche traditionnelle à quatre étapes (approche séquentielle classique), où les étapes de génération, distribution, répartition modale et affectation se suivent linéairement.

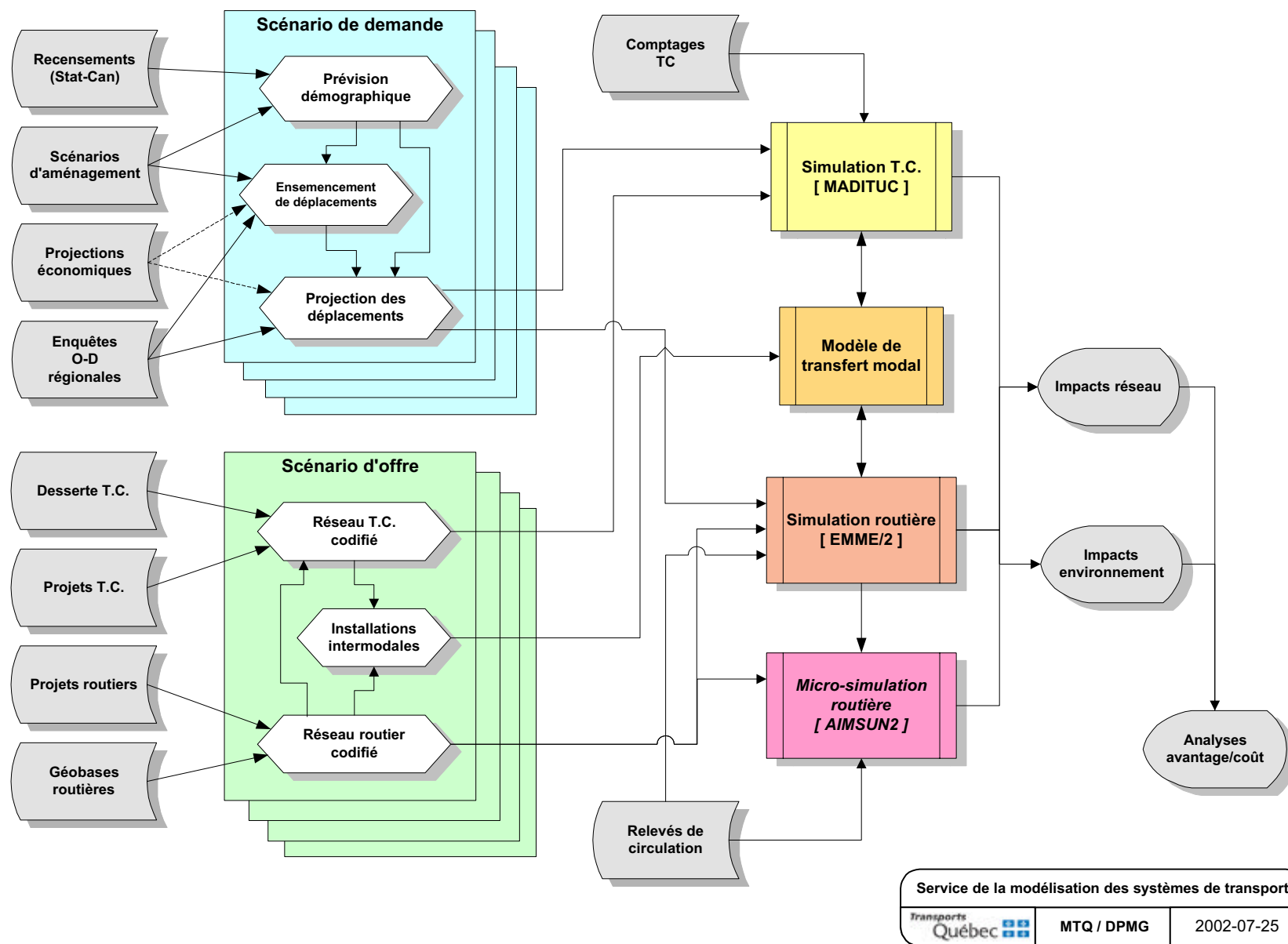
La figure 2 résume les principales composantes du MOTREM et les interrelations générales entre elles. Il s'appuie sur l'exhaustivité des Enquêtes O-D réalisées dans la région de Montréal pour éliminer la nécessité de réaliser les étapes traditionnelles de génération et distribution des déplacements. Les matrices de demande pour les déplacements de personnes sont ainsi construites directement par factorisation et projection des données d'Enquête O-D, le réseau et le système zonal agissant comme mécanisme d'agrégation des données pour les rendre statistiquement exploitables.

L'environnement de modélisation associé au MOTREM fait appel à de nombreux logiciels et programmes de traitement. Les principaux outils utilisés sont :

- *EMME/2* et *ENIF*, pour les simulations routières;
- *MADITUC*, pour les simulations de transport collectif;
- *MapInfo* et *Vertical Mapper*, pour le traitement, l'analyse et la cartographie des données à référence spatiale ;
- *GETRAM* et *AIMSUN-II*, pour la micro-simulation routière;
- *SAS* et *MADEDE*, pour le modèle de projection de la demande ;
- *SAS*, *MS-Access* et *MS-SQL/Server*, pour le stockage et l'analyse des données d'Enquête O-D ;
- *SAS* et *Awk*, pour la modélisation du transfert modal.

Chacune des sections suivantes décrit une des composantes du MOTREM.

Figure 2 – Composantes du MOTREM



3. La demande de transport

3.1 Déplacement des personnes

3.1.1 Enquêtes O-D régionales

La principale source d'information sur la mobilité des personnes en région métropolitaine de Montréal est la série de sept enquêtes Origine-Destination (O-D) régionales réalisées entre 1970 et 1998 par la STCUM, avec plus récemment la participation du MTQ et de l'AMT. Le territoire couvert par l'enquête de 1998 est illustré à la Carte 1. Une présentation succincte de la dernière enquête réalisée en 1998 peut être consultée sur le site de l'Agence métropolitaine de transport⁴, alors qu'un document plus technique couvrant la méthodologie et l'interprétation des résultats suivant différents niveaux d'agrégation du territoire est disponible auprès du MTQ ou de l'AMT⁵; les paragraphes qui suivent sont d'ailleurs tirés de cette documentation.

Les enquêtes O-D montréalaises sont des enquêtes descriptives, caractérisant les habitudes de déplacements des personnes à partir d'un échantillon de ménages de la région métropolitaine. Elles permettent d'estimer les caractéristiques de mobilité des personnes et de rassembler une connaissance fine et fiable de la structure et des caractéristiques des déplacements des personnes. Cette source d'information représente ainsi une référence importante dans l'élaboration, le développement et l'évaluation de politiques ou d'infrastructures lourdes en transport.

Ces données de base sont utilisées par le SMST pour construire les matrices de demande utilisées par le MOTREM. Elles permettent de mesurer certains facteurs de mobilité et leur évolution, à évaluer et analyser le comportement des usagers, à alimenter les modèles de prévision de la demande, à analyser les interactions entre l'aménagement urbain et les déplacements, à réaliser des plans de transport, à réguler et à orienter la demande de déplacement et à gérer les équipements collectifs.

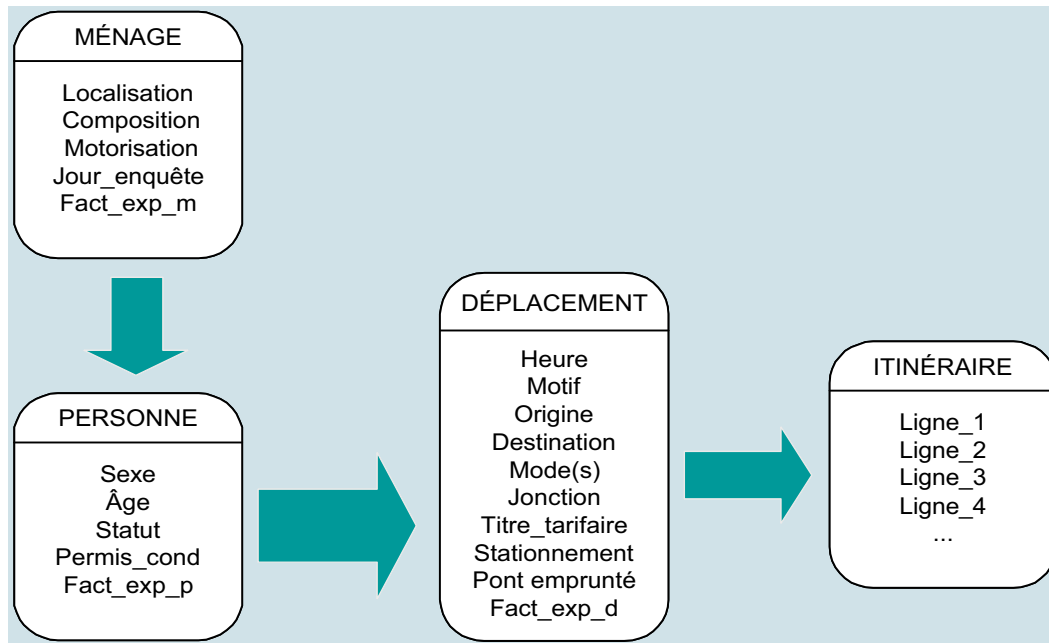
Les Enquêtes O-D décrivent, pour chaque personne des ménages enquêtés, les principales caractéristiques de tous les déplacements effectués durant une journée ouvrable d'automne (figure 3):

- Ménage
Localisation, nombre de personnes, nombre de véhicules.;
- Personne
Sexe, âge, statut (travailleur, étudiant, autre), permis de conduire;
- Déplacement
Origine, destination, heure de départ, motif, modes empruntés, lieu de jonction entre deux modes, itinéraire TC, titre tarifaire TC, type de stationnement utilisé, pont emprunté, etc.

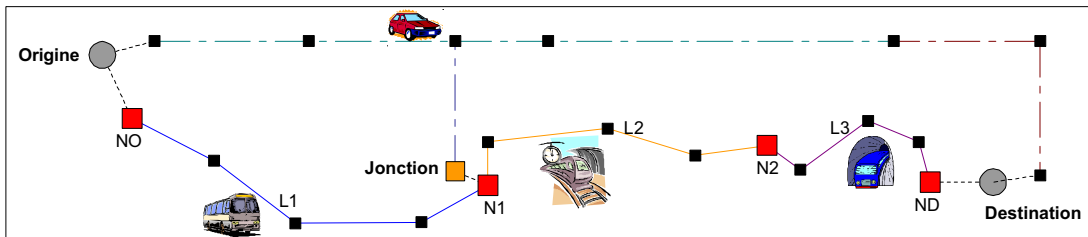
⁴ Site de l'Agence métropolitaine de transport (AMT) : <http://www.amt.qc.ca/cimtu/EnqOD/Index.asp>

⁵ Enquête Origine-Destination 1998 – Mobilité des personnes dans la région de Montréal, Agence métropolitaine de transport, Secrétariat à l'Enquête Origine-Destination, Montréal, 2000, 170 p.

Figure 3
Principales variables de l'Enquête O-D '98



Un déplacement se déroule ainsi à partir d'une origine jusqu'à une destination, à l'aide d'un ou plusieurs modes de transport, pour lesquels un certain trajet est



réalisé. Lorsqu'il y a usage combiné d'un mode privé et d'un mode public, le lieu où s'accomplit la jonction est aussi répertorié dans l'enregistrement du déplacement. Celui-ci prend l'allure générale suivante.

Domicile				Déplacement						Expansion			
Id	Dom	Age	Sex	Hre	Motif	O	D	J	Modes	L1	L2	L3	Fexp 1998
Personne									Itinéraire				

Au cours de la dernière enquête O-D montréalaise, en 1998, des entrevues téléphoniques complétées auprès de plus de 65 000 ménages de 135

municipalités de la région ont permis de décrire les caractéristiques d'environ 418 000 déplacements réalisés par les 169 000 personnes de ces ménages. Cette enquête décrit ainsi l'ensemble des déplacements effectués, au cours d'une journée typique de semaine, par les personnes



faisant partie d'un échantillon formé d'environ 5% des ménages de la région de Montréal. Signalons que le taux d'échantillon est spatialement variable et que la pondération des résultats fait aussi l'objet d'une stratification selon des cohortes par âge et sexe et sous-région.

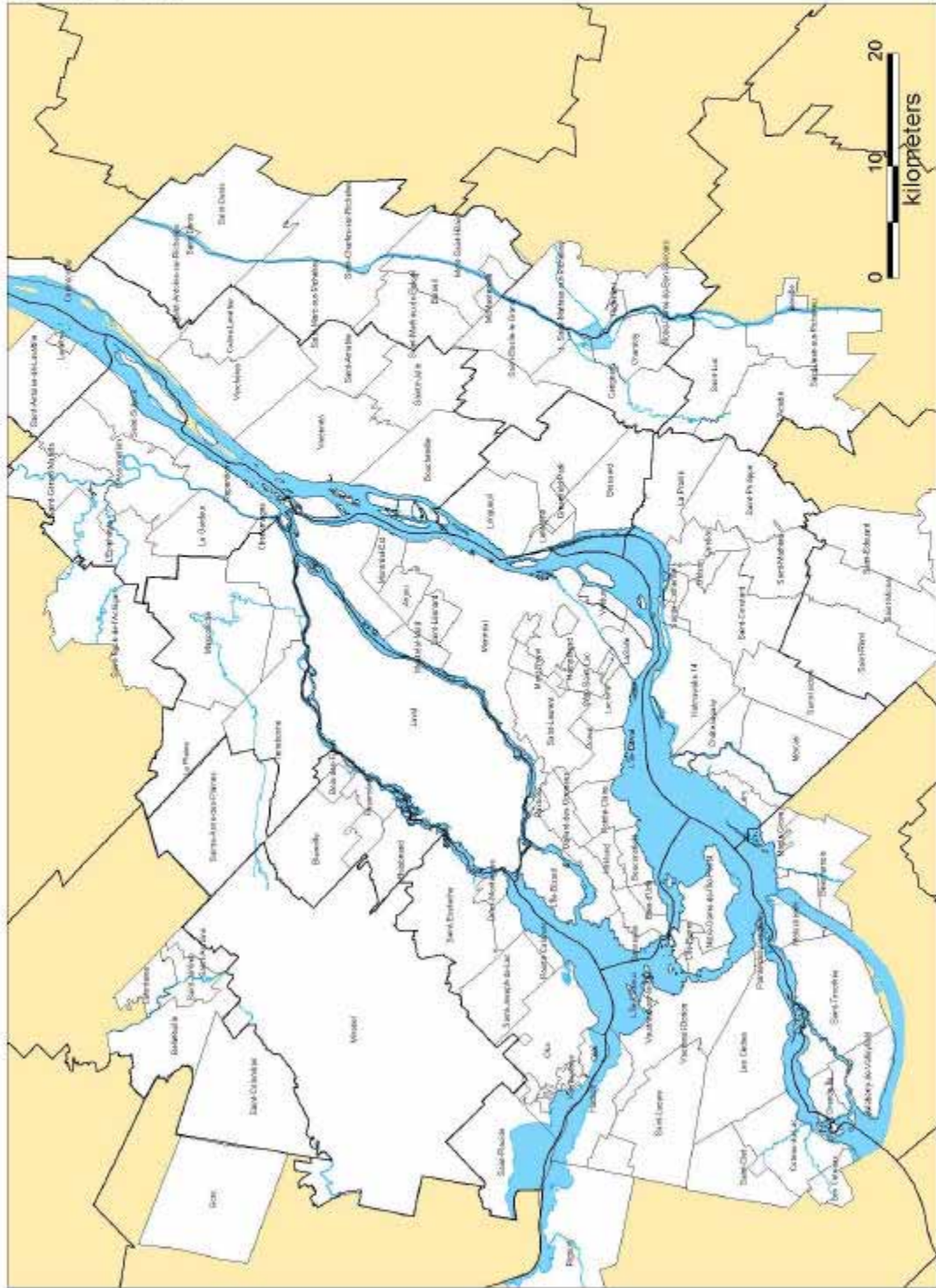
L'enquête a permis de constater une forte hausse de 21 % des déplacements quotidiens dans la région métropolitaine de 1987 à 1998. Cette hausse est causée par la croissance combinée de la population (10%) et du nombre de déplacements par personne par jour (8%). L'enquête a aussi mis en relief une hausse encore plus importante de l'utilisation de l'automobile, de l'ordre de 30 %, soit une augmentation de 12 % de 1987 à 1993 et une autre de 18 % de 1993 à 1998. Ce phénomène s'explique, d'une part, par une hausse de la motorisation de 24 % et par une croissance de l'emploi de 6 % et, d'autre part, par une urbanisation accélérée des secteurs périphériques où les transports en commun sont limités ou moins développés. Le nombre de déplacements en transports en commun a diminué de 11 % de 1987 à 1993, puis, a connu un redressement partiel récent (-3 %) de 1993 à 1998. L'effet combiné de cette baisse avec la hausse des déplacements automobiles a entraîné une diminution de la part de marché quotidienne des transports en commun de 24 % de 1987 à 17 % en 1998.

La croissance des déplacements quotidiens dans la région métropolitaine de 1987 à 1998 s'explique par l'augmentation de la population, la croissance de l'emploi et la hausse du nombre moyen de déplacements par personne. Par ailleurs, la hausse plus importante du nombre de déplacements en automobile s'explique, elle, par une croissance plus importante des secteurs périphériques (population, emploi); par la diminution du nombre de personnes âgées de moins de 30 ans, combinée à une augmentation du groupe des 30-50 ans; et par la hausse marquée de l'emploi et de la motorisation, chez les femmes en particulier.

Tous ces phénomènes ont contribué, malgré un redressement partiel récent, à faire diminuer la part de marché des transports en commun.

Carte 1

TERRITOIRE DE L'ENQUÊTE O-D DE 1998



3.1.2 *Prévision de la demande régionale de transport*

Le modèle de prévision de la demande de transport⁶ utilisé par le SMST a été développé d'une part à partir des informations tirées des enquêtes O-D réalisées aux fins des années dans la grande région métropolitaine, et d'autre part à l'aide d'un modèle de projection de la population et des ménages développé au MTQ et appelé ES-3⁷. S'appuyant sur les structures actuelle et prévue de la population et des ménages ainsi que sur l'évolution des facteurs de la mobilité observée entre 1987 et 1998 dans la région montréalaise, un scénario tendanciel d'évolution de la demande de transport est dérivé pour estimer de façon désagrégée la demande future de déplacement par mode.

Modèle de projection de la population et des ménages

Des prévisions démographiques couvrant l'ensemble du Québec sont réalisées à l'aide du modèle ES-3. Développé au MTQ en 1995-96⁸, ES-3 est un outil indispensable à la planification des transports urbains, en particulier ici aux travaux de prévision de la demande et de modélisation des déplacements de la région métropolitaine de Montréal. C'est un modèle de projection démographique à micro-échelle dont la caractéristique principale est d'appliquer directement la méthode des composantes à chacune des municipalités ou des zones infra-municipales considérées dans les projections. Partant des populations dénombrées dans chaque municipalité ou zone, les populations de chaque intervalle de projection sont générées par un calcul détaillé (selon la cohorte âge-sexe) de la mortalité, des pertes migratoires (sortants), des apports de population (entrants) et de la fécondité.

Le modèle ES-3, développé avant l'enquête O-D régionale de 1998, a été revu⁹ suite à l'obtention de statistiques sur les naissances en 1999. Au-delà de l'ajustement des hypothèses et du mode de traitement de la fécondité, les projections révisées en 2000 reflétaient des améliorations et des développements substantiels apportés au modèle et aux procédures appliquées à ses données d'input, notamment pour tenir compte des limites à la capacité d'accueil de nouveaux logis à l'intérieur de chaque zone infra-municipale.

Plus récemment, suite à la publication des résultats sommaires du recensement de 2001 par Statistique-Canada, le MTQ produisait un rajustement¹⁰ de ses prévisions démographiques pour s'aligner sur les totaux de population et de ménages observés en 2001.

⁶ St-Pierre Brigitte, Thiffault Johanne, Déplacement des personnes dans la grande région de Montréal: Scénario prévisionnel 2021 tendanciel, SMST, MTQ, mai 2001, 71 pages.

⁷ ES-3 pour *Entrants-Sortants*, à trois niveaux.

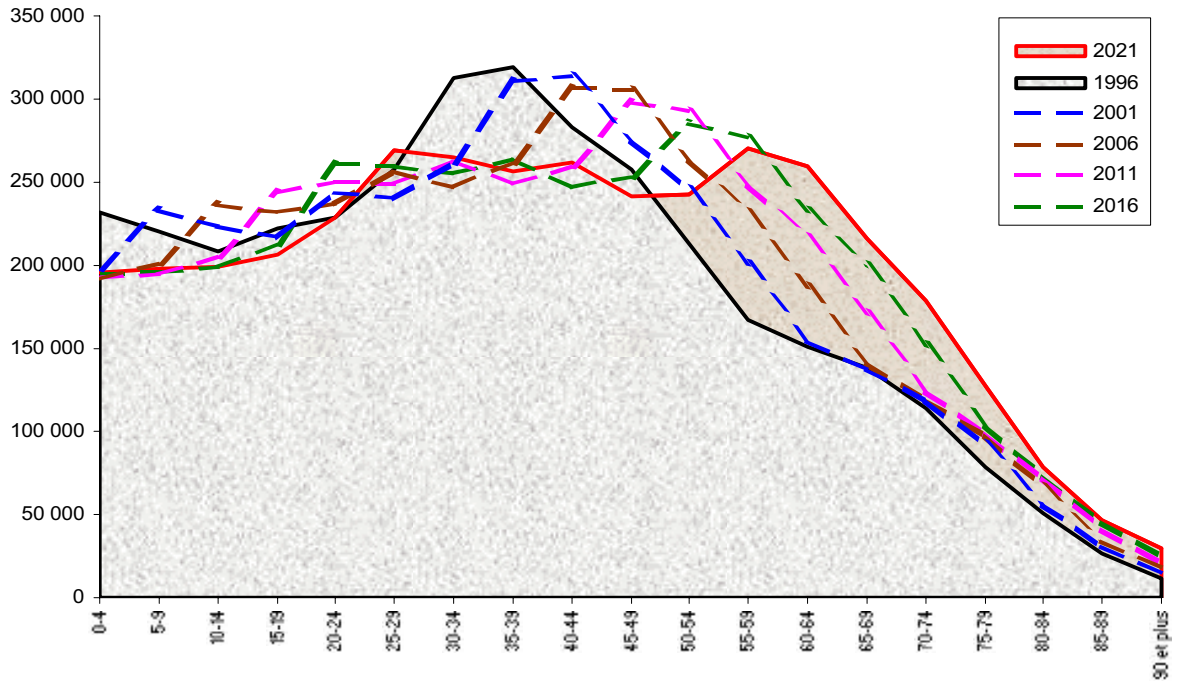
⁸ Desgagnés Pierre, ES-3 Projection de la population et des ménages, 1996-2021 – Le modèle, sa mise en œuvre et les résultats, Service de l'économie et du plan de transport, Direction de la planification stratégique en transport, MTQ, novembre 1999, 125 pages et annexes.

⁹ Desgagnés Pierre., Thiffault Johanne, Hardy Hubert, ES-3, Projections de la population et des ménages 1996-2021 – Perspectives révisées – Rapport méthodologique, Direction de la planification et du partenariat, MTQ, mars 2001, 60 pages.

¹⁰ Desgagnés Pierre, Rajustement des projections démographiques du MTQ en fonction des chiffres du recensement de 2001, Service de l'économie et du plan de transport, Direction de la planification, MTQ, juin 2002, 36 pages et annexe.

À ce jour, le modèle ES-3 a été utilisé pour produire une prévision tendancielle sur la période allant de 1996 à 2021, dont la figure 4 illustre le résultat net.

Figure 4
Projection démographique 1996-2021 pour la grande région de Montréal



Demande future de déplacement : scénario tendanciel

La méthode prévisionnelle de la demande de transport utilisée par le SMST a été développée dans le cadre d'un projet de recherche réalisé de 1993 à 1997 au SMST en collaboration avec le groupe MADITUC de l'École Polytechnique de Montréal. Cette procédure, sous approche désagrégée, est incarnée dans l'application MADEDE¹¹, faisant partie de la suite MADITUC. Elle ne considère en soi aucune contrainte liée à l'offre de transport. Le scénario tendanciel utilisé dans cet exercice de prévision exprime donc un «futur possible» de la demande de transport parmi une multitude d'autres, soit celui qu'on devrait observer si les comportements observés et les tendances élémentaires récentes devaient se poursuivre jusqu'à l'horizon prévisionnel (période 1996-2021).

¹¹ MADEDE: Modèle d'analyse désagrégée de la demande

La méthode prévisionnelle intègre les tendances observées pour les principales variables expliquant l'évolution des comportements de déplacement de la population. L'avantage de la méthode réside dans l'utilisation d'hypothèses basées sur des phénomènes concrets de l'évolution de la demande en transport des personnes, favorisant une meilleure interprétation des résultats. De plus, cette méthode permet de produire des données de déplacement pouvant être intégrées aux différents modèles d'affectation (EMME/2 et MADITUC) utilisés par le SMST pour réaliser des études de simulation routière ou de transport en commun. Elle est basée sur une approche désagrégée de la demande (par déplacement) plutôt que sur une forme agrégée (matrice).

Le principe de base se traduit comme suit: le facteur d'expansion de chaque déplacement individuel est ajusté en fonction de l'évolution anticipée des caractéristiques associées au déplacement et à la personne qui l'effectue (population au lieu de domicile selon le sexe et le groupe d'âge, statut d'activité de la personne, motorisation et attractivité relative du lieu de destination s'il s'agit d'un déplacement pour motif travail):

$$D_Z^{Horizon} = D_Z^{Référence} \times \frac{Effectif_Z^{Horizon}}{Effectif_Z^{Référence}}$$

Ainsi, soit $D_Z^{Référence}$ le nombre pondéré de déplacements comportant les caractéristiques représentées par le vecteur Z à l'année de référence, le nombre estimé $D_Z^{Horizon}$ de déplacements à l'année horizon correspondra à celui de l'année de référence multiplié par l'évolution anticipée de la population possédant les caractéristiques Z (territoire de domicile (t), sexe(s), groupe d'âge (g)). L'évolution anticipée de la population est définie par les variables *population*, *statut* (activité individuelle), *motorisation* (disponibilité d'une automobile) et *pôle d'emploi* (parts relatives de l'emploi). Le résultat final de l'application est une extension à l'enregistrement de déplacement initial, lequel comporte maintenant des facteurs d'expansion pour les horizons futurs :

Id	Dom	Age	Sex	Hre	Motif	O	D	J	Modes	L1	L2	L3	Fexp 1998	Fexp 2001	Fexp 2006	Fexp 2011	Fexp 2016	Fexp 2021
----	-----	-----	-----	-----	-------	---	---	---	-------	----	----	----	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Le scénario tendanciel produit pour 2021 est caractérisé par les tendances lourdes suivantes:

- Une croissance démographique plus faible que par le passé;
- Une diminution continue de la taille des ménages;
- Une forte croissance de population des couronnes nord; une croissance faible pour le sud de la région métropolitaine, et une reprise de la croissance de population sur l'Île de Montréal;
- Un vieillissement de la population et une perte d'effectifs chez les jeunes;

- Une croissance soutenue de la proportion de femmes actives et motorisées;
- La perte relative d'attractivité des secteurs centraux de la Communauté urbaine de Montréal en termes d'emplois.

Au chapitre de la demande de transport, ces tendances lourdes ont les conséquences suivantes à l'horizon prévisionnel de 2021:

- Une modeste augmentation, par rapport à la situation 1998, des déplacements quotidiens sur 23 ans;
- Une diminution significative des déplacements pour motif étude, largement compensée par l'augmentation des déplacements pour motif travail;
- Une diminution de la part modale du transport en commun au profit de l'automobile;
- Un taux d'occupation des véhicules particuliers à la baisse;
- Une sollicitation croissante des ponts durant les périodes de pointe du matin et du soir.

De toute évidence, tout scénario prévisionnel doit être analysé et utilisé en fonction des limites associées aux hypothèses posées ou omises. Idéalement, il doit être accompagné d'un autre scénario reflétant des hypothèses contrastées, de manière à apprécier la sensibilité des résultats et mieux saisir l'impact de certains phénomènes sur l'évolution de la demande de transport des personnes.

3.2 Déplacement de marchandises

La demande de déplacements dans la région de Montréal ne peut être entièrement reflétée par l'Enquête O-D. En effet, il existe des composantes de cette demande qui ne sont pas répertoriées par l'enquête ménage (les déplacements de véhicules de service, le camionnage et les déplacements exogènes).

Afin de tenir compte de cette demande qui atteint des proportions non-négligeables, surtout en milieu de journée, deux principaux outils sont utilisés pour estimer les matrices de demande correspondante à l'année de base: une enquête réalisée auprès des camionneurs et des entreprises (déplacements interurbains), et un modèle synthétique d'estimation de la demande locale de transport par camion à partir de comptages.

Des matrices de départ sont générées par mode (véhicules commerciaux légers, camions porteurs et camions combinés) à partir de données tirées de l'Enquête O-D '98 et de diverses enquêtes sectorielles sur le transport des marchandises. À partir de ces informations, on construit des matrices reflétant des patrons de base des échanges inter-zonaux. Certaines cellules vides de ces matrices sont ensuiteensemencées pour refléter l'utilisation du sol correspondant et des algorithmes de construction de matrices sont employés pour factoriser les matrices de départ et ajuster la matrice finale sur les comptages routiers observés, et ce pour chaque

catégorie de véhicules considérée. Des macro-commandes EMME/2 (ex. : DEMADJ) permettent en effet de construire de telles matrices, qui respectent les grands échanges intersectoriels, mais doivent être ensuite lissées en fonction des données d'emploi par zone d'attraction. Ainsi, à l'intérieur de grands secteurs d'agrégation, les totaux des déplacements sont conservés mais sont répartis de manière réaliste en fonction de la connaissance de l'utilisation du sol.

Pour ce qui est de la projection de ces déplacements, seuls des facteurs historiques de croissance peuvent être utilisés car ces déplacements, à leur niveau le plus fin, sont déjà agrégés en matrices zonales. Lorsque la croissance globale est établie, un lissage est encore effectué pour tenir compte de l'utilisation prévue du sol.

Enquête sur les déplacements interurbains de camions lourds

Le Conseil canadien des Administrateurs en Transport Motorisé (CCATM) réalise périodiquement des enquêtes pan canadiennes sur le transport interurbain par camion. La plus récente a été réalisée en 1999, et ses résultats finaux sont disponibles depuis juin 2002¹². L'enquête précédente, dont les résultats sont encore utilisés pour le MOTREM-98, a été réalisée en 1995¹³. Lors de celle-ci, 3 604 entrevues avaient été complétées à partir de 21 sites d'enquête localisés en bordure de routes de la province de Québec. À ce nombre s'ajoutent 5 538 entrevues complétées hors de la province, car elles touchent des déplacements dont une partie de l'itinéraire déclaré se fait sur le réseau routier québécois.

En 1995, la localisation des sites d'enquête avait pour objectif principal de couvrir les mouvements inter-provinciaux. Localisés au périmètre du territoire provincial, ils ne permettaient pas de saisir les déplacements intra-provinciaux; plusieurs tronçons routiers potentiellement stratégiques pour cerner les mouvements entre des régions à forte activité économique n'ont donc pas été pas couverts par cette enquête.

Ces constatations à l'égard de l'exécution et des résultats de l'enquête du CCATM de 1995 limitent l'usage qu'on peut en faire des résultats, si ce n'est au chapitre des déplacements inter-provinciaux de camions pour les variables poids des marchandises et distance. Son utilisation à une échelle plus fine, pour l'analyse d'un corridor ou d'une région par exemple, peut impliquer des marges d'erreur beaucoup plus importantes et conduire à des résultats non fiables.

Comme la préparation de la campagne d'enquête de 1999 a pris en compte certains des faits cités plus hauts, plusieurs carences ont été significativement corrigées. Pour cette dernière enquête, le MTQ a validé les informations relatives aux déplacements des camions pour l'ensemble des 16 782 entrevues réalisées sur le territoire relevant de sa juridiction, ainsi que pour les 4 926 entrevues réalisées à l'extérieur du Québec mais impliquant un déplacement touchant son territoire.

¹² 1999 National Roadside Study Project Report, Canadian Council of Motor Transport Administrators, October 2001.

¹³ 1995 National Roadside Survey Project Report, Canadian Council of Motor Transport Administrators, September 1997.

3.3 Comptages routiers et relevés connexes

3.3.1 Banque ministérielle de comptages

Le MTQ exploite un système informationnel appelé « CIR-6002 » pour gérer et diffuser les données de circulation routière à travers son territoire. En plus de stocker les débits journaliers moyens annuels (DJMA) ainsi que les données brutes et les profils qui ont servi à son calcul, le système collige les données utiles à leur interprétation telles que les conditions climatiques, le type d'appareil de collecte, le type de capteur, ainsi que l'identification des événements externes susceptibles de perturber les conditions locales de circulation. La localisation des postes de comptage établis dans la grande région montréalaise est illustrée à la Carte 2. Les stations représentées par des losanges orangés appartiennent au système de gestion en temps réel de la circulation, alors que les autres (cercles verts) correspondent à des postes de comptage automatique utilisés de façon permanente ou périodique.

Carte 2
Postes de comptage routier du MTQ



La nature des données de circulation récoltées aux stations principales permet de dériver les facteurs d'expansion quotidien, hebdomadaire et mensuel nécessaires à l'annualisation des données des comptages réalisés sporadiquement. Un des produits dérivés de la base de comptages CIR-6002 est une carte routière

illustrant les débits journaliers moyens annuels sur le réseau routier provincial ¹⁴, et d'une publication annuelle présentant les caractéristiques de la circulation sur les principales routes du Québec ¹⁵, entre autres les débits journaliers moyens d'été et d'hiver, les variations horaires, hebdomadaires et mensuelles, ainsi que les variations d'une année à l'autre.

3.3.2 Programme de comptages routiers de l'automne 1998

Concurremment au déroulement de l'enquête O-D de 1998, le MTQ a réalisé un vaste programme de comptages dans la région montréalaise. Ces comptages sur les réseaux routiers et de transport en commun permettent la validation et le calage des modèles d'affectation intégrés au MOTREM. La synchronisation entre la période d'enquête O-D auprès des ménages et la campagne de comptage permet de :

- Dresser un bilan régional des déplacements à travers un réseau aussi étanche que possible de lignes-écrans;
- Définir des facteurs de pondération des quantités de déplacement estimées à partir de l'enquête O-D régionale de 1998 en fonction des productions et attractions intersectorielles;
- Valider et caler les processus d'affectation (auto et TC) dans les modèles de simulation de transport;
- Établir les intervalles de confiance statistique sur les débits simulés à l'aide des modèles.

Au total, tout près de 600 comptages directionnels ont été réalisés entre le 8 septembre et le 14 décembre 1998 ; des comptages classifiés ont été réalisés dans 189 cas, alors que des relevés de débit simple ont été faits pour les autres sessions de comptage. Enfin, la majorité des comptages a été réalisée sur une période de 24 heures; dans 68 cas, les comptages se sont déroulés sur une période de 7 jours, afin d'obtenir des données pour les jours de fin de semaine.

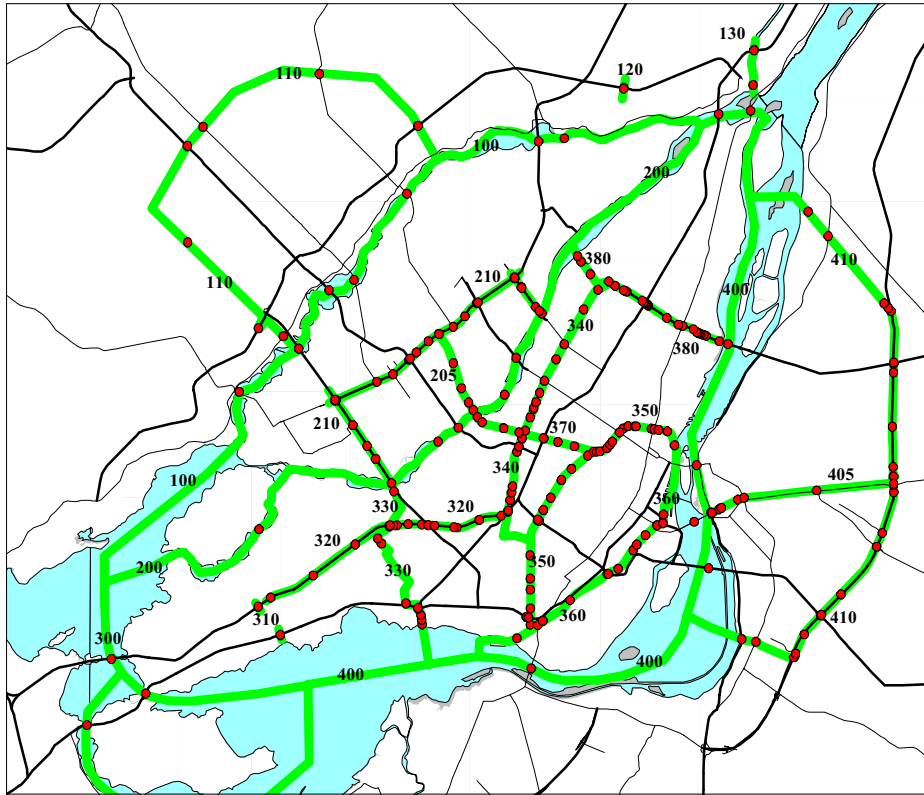
Le sommaire des résultats de comptage a été colligé sous forme d'une base de données géomatique¹⁶.

¹⁴ Débit de circulation journalier moyen annuel 1996, Service de la géomatique et de la cartographie, Transports Québec, 1999.

¹⁵ Recensement de la circulation sur les routes du Québec -1999, Service des Chaussées, Ministère des Transports du Québec.

¹⁶ Babin André, Richard Christian, Recueil synthèse des comptages automnaux 1998 de la région de Montréal, 4 Tomes, Service de la modélisation des systèmes de transport, Ministère des Transports, mai 1999.

Carte 3
Programme de comptages de l'automne 1998



3.3.3 Programme de voitures flottantes de la région de Montréal

Depuis 1998, le MTQ effectue des relevés périodiques de temps de parcours sur 17 itinéraires de la région montréalaise¹⁷. Ces itinéraires, illustrés à la Carte 4, empruntent des segments autoroutiers et quelques artères majeures du territoire. Les relevés sont exécutés à l'aide de la technique de la voiture flottante et procurent des informations sur le profil de vitesse de déplacement, le temps de parcours et les files d'attente rencontrées. Cinq indicateurs de performance sont calculés à partir des résultats de ces relevés pour caractériser les niveaux de la congestion sur les itinéraires étudiés :

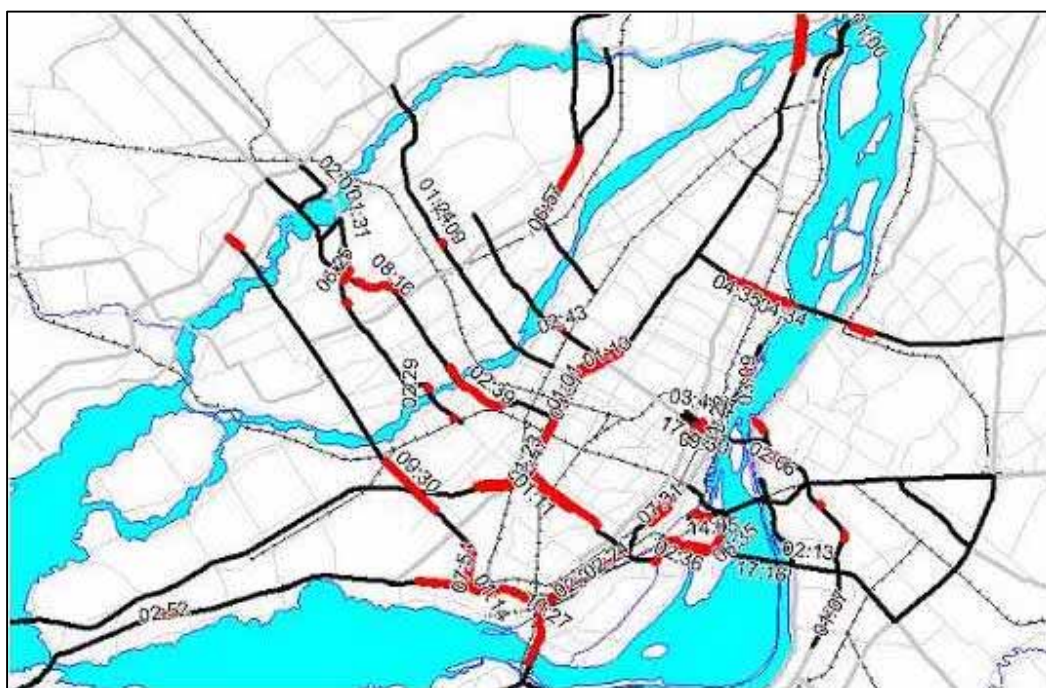
- Les retards (retard maximal, retard moyen période de pointe, retard moyen heure de pointe);
- Le taux relatif de retard;
- La proportion de retard;
- La longueur maximale des files d'attente;
- L'étalement de la pointe.

¹⁷ Moubayed Fadi, Évaluation de la congestion dans la région de Montréal, présentation dans le cadre du 35^e congrès annuel de l'AQTR, février 2000.

L'objectif visé par ce programme de relevés est de pouvoir localiser et quantifier la congestion du réseau routier afin de cibler les interventions propres à améliorer la fluidité de la circulation sur le réseau supérieur régional. Accessoirement, les résultats de relevés de temps de parcours ont permis de caler de façon plus précise les fonctions volume-délai utilisées par EMME/2 et les modèles de simulation créés à l'aide de AIMSUN II.

Carte 4

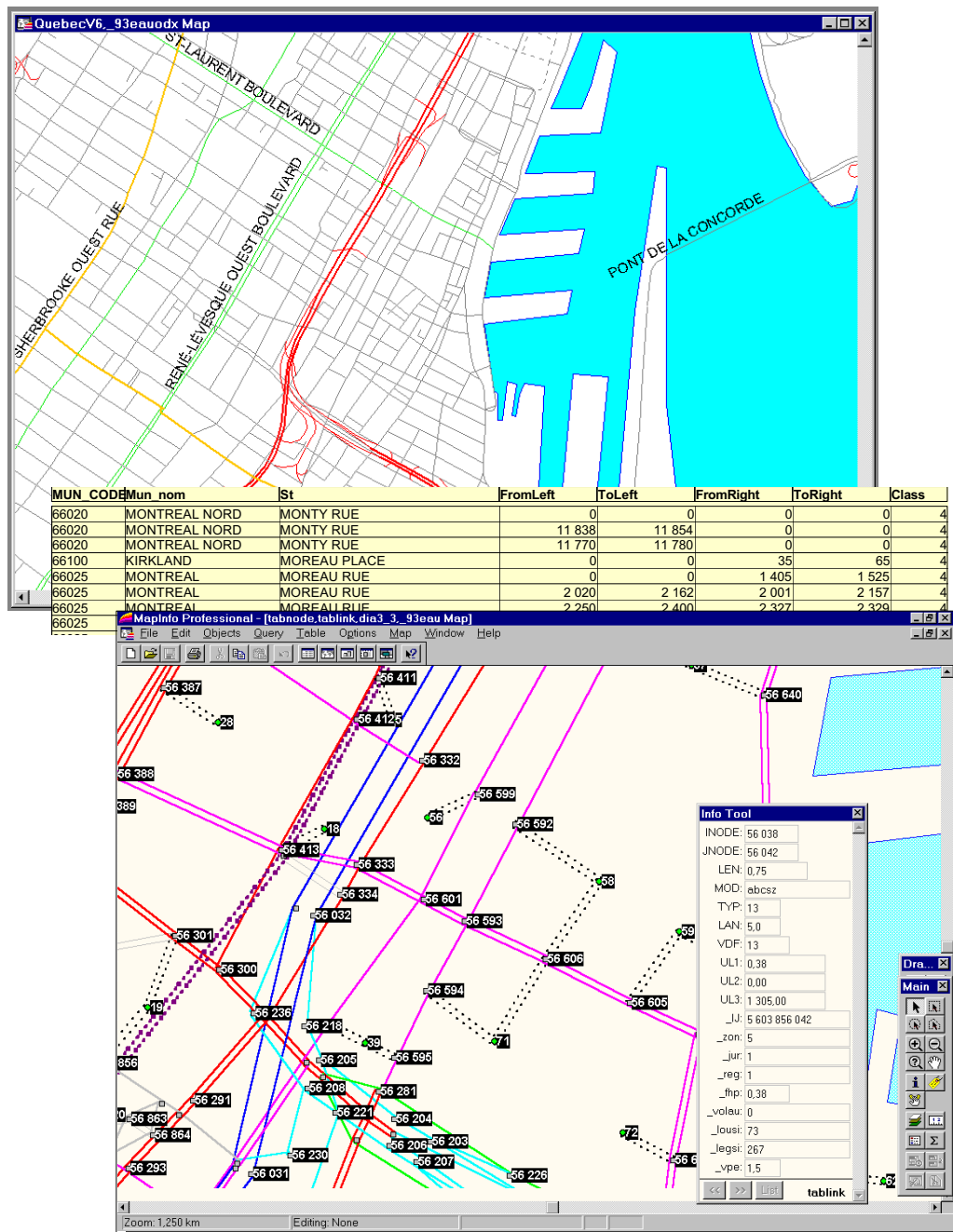
Localisation des itinéraires de relevés par voiture flottante



4. L'offre de transport

À l'intérieur du MOTREM-98, le réseau routier est codifié à partir de l'environnement MapInfo et d'une géobase routière exhaustive de la région de Montréal. Un programme d'interface local est utilisé pour échanger bi-directionnellement ces fichiers de réseau avec le progiciel Emme/2.

Figure 5
Codification du réseau routier

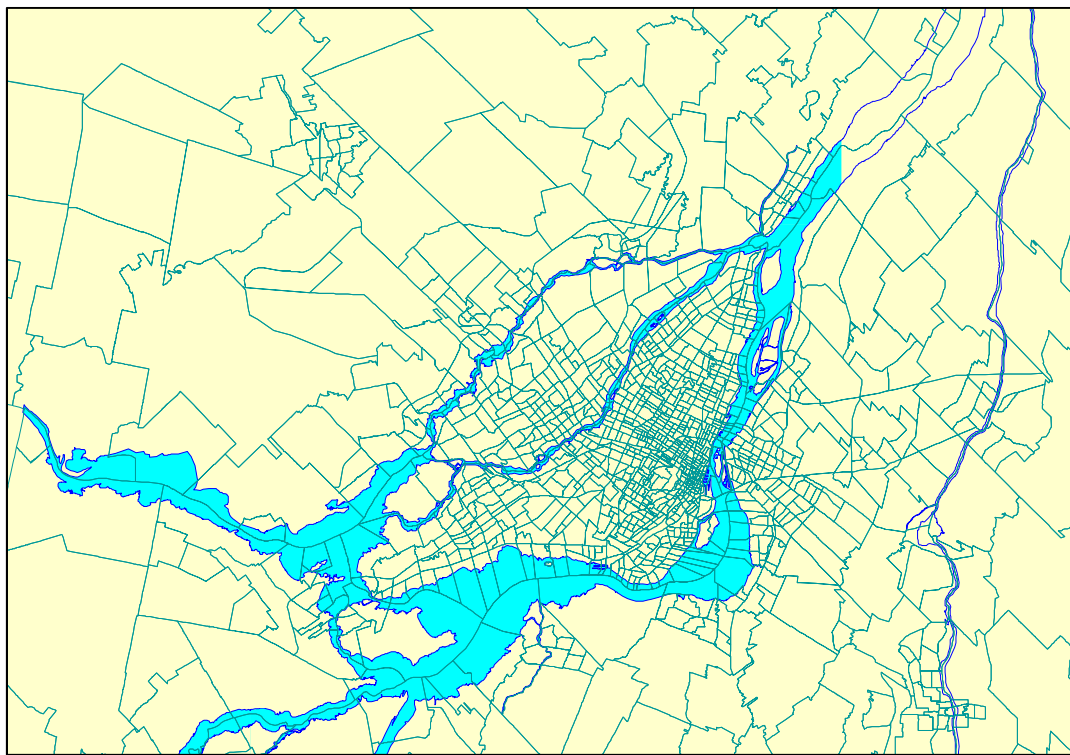


Le réseau routier métropolitain comme tel comporte 13.000 nœuds réguliers et plus de 31.000 liens directionnels. Chacun des liens est caractérisé par une catégorisation fonctionnelle sous 8 classes (ex. : autoroute, artère, collectrice, rue locale, etc.) et deux types de milieu (urbain ou rural). Une caractérisation dynamique (sous 3 niveaux) est aussi assignée à chaque lien, en fonction du niveau d'interférence (friction) auquel il est soumis avec son milieu ambiant. La longueur et le nombre de voies effectives des liens sont bien sûr codifiés. Les voies réservées au transport en commun ainsi qu'au covoiturage sont également codifiées.

Le territoire est modélisé à travers un découpage territorial en 1420 zones, représentant un territoire de 4.100 km². Le principe est qu'on associe à chacune des zones d'analyse-transport (ZAT) un centroïde qui en représente le centre de gravité des activités. Chacun de ces centroïdes est à son tour connecté aux nœuds du réseau avoisinant par des liens d'accès. Le processus d'affectation des déplacements consistera ensuite à calculer, pour chaque paire de centroïdes, un chemin optimal sur le réseau et à y charger la demande en transport.

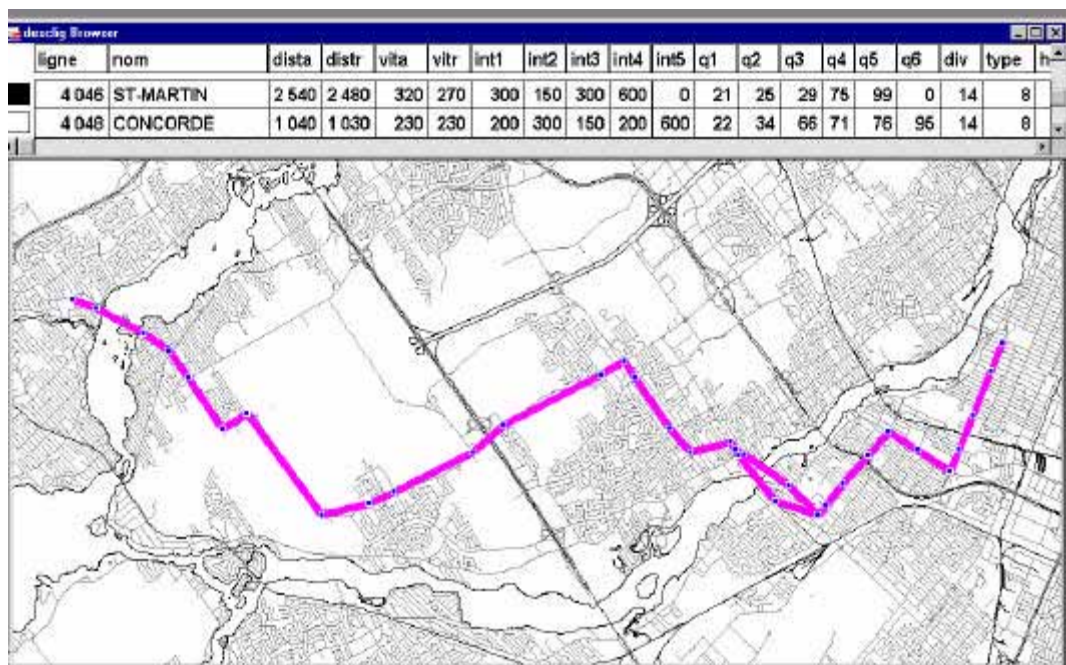
Carte 5

Découpage zonal de la grande région de Montréal



Le réseau de transport collectif comporte plus de 300 lignes d'autobus, en plus du système de métro (4 lignes) et de trains de banlieue (4 lignes). Ce réseau est codifié sous le progiciel MADITUC de façon intrinsèque à l'Enquête O-D 1998, afin de permettre la validation des itinéraires observés et, par la suite, la simulation des projets examinés. Cette codification décrit notamment, à l'aide de nœuds, l'itinéraire de la ligne, sa longueur, sa vitesse commerciale, son intervalle de service et ses périodes de service. Une transposition de cette codification est faite à l'intérieur du modèle Emme/2, bien que celui-ci ne soit pas utilisé formellement pour les études relatives au transport collectif.

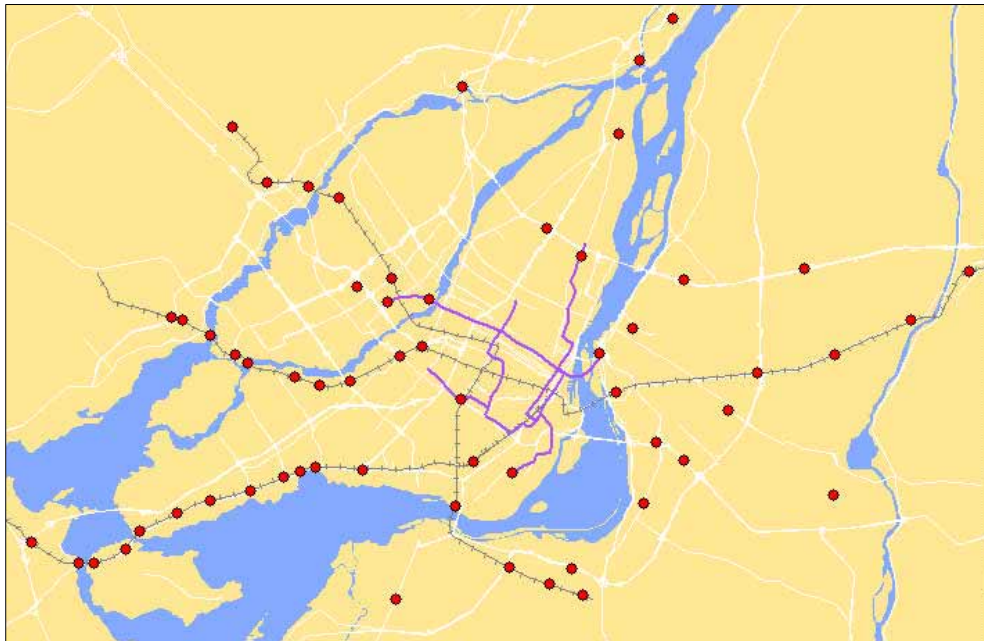
Figure 6
Codification des lignes T.C.



Les installations permettant les échanges intermodaux (parkings d'incitation) sont représentées explicitement, tant dans le modèle routier que dans le modèle de transport collectif. Les déplacements bi-modaux sont traités comme tels et décomposés en deux segments complémentaires, pour l'affectation sur les réseaux. La codification du MOTREM-98 comporte 61 parkings d'échange, tel que montré à la carte 6.

Finalement, les réseaux de transport (routier et collectif) projetés en fonction des orientations du Plan de gestion des déplacements de la région de Montréal existent sous codification MapInfo, MADITUC et Emme/2 pour les horizons 2001, 2006, 2011, 2016 et 2021.

Carte 6
Parkings d'échange métropolitains



5. Modèle d'affectation routière

Le modèle d'affectation routière, développé sous Emme/2, est de type statique agrégé, avec minimisation des temps de déplacement pour l'utilisateur (user-optimum), sous contrainte de capacité. À l'équilibre, la solution représente une situation où les usagers ne peuvent améliorer leur sort en changeant de chemin et où tous les chemins utilisés pour une même paire Origine-Destination sont équivalents.

Le principe général du processus d'affectation est que l'algorithme calcule, pour chaque paire O-D, le chemin sur le réseau routier qui minimise le temps de déplacement, en tenant compte du fait que la vitesse moyenne sur les liens diminue à mesure qu'y augmente le débit de circulation. Cette relation se traduit par une série de fonctions (courbes) dites « Volume – Délai » qui permettent d'estimer le temps de parcours par unité de distance en fonction du niveau de chargement du lien. Ces courbes reflètent l'inverse de la relation Vitesse-Débit, telle qu'illustrée au diagramme fondamental du trafic (figure 7).

Les courbes V/D utilisées dans le MOTREM découlent d'une série de relevés par voiture flottante, mis en relation directe avec des comptages de circulation. Les courbes utilisées par le MTQ font intervenir non seulement des vitesses plafond (vitesse observée en écoulement libre), mais aussi des vitesses plancher,

correspondant aux conditions d'écoulement stationnaire des files d'attente. La figure 8 présente la structure générale de la formulation des courbes utilisées au MOTREM.

Figure 7

Diagramme fondamental du trafic

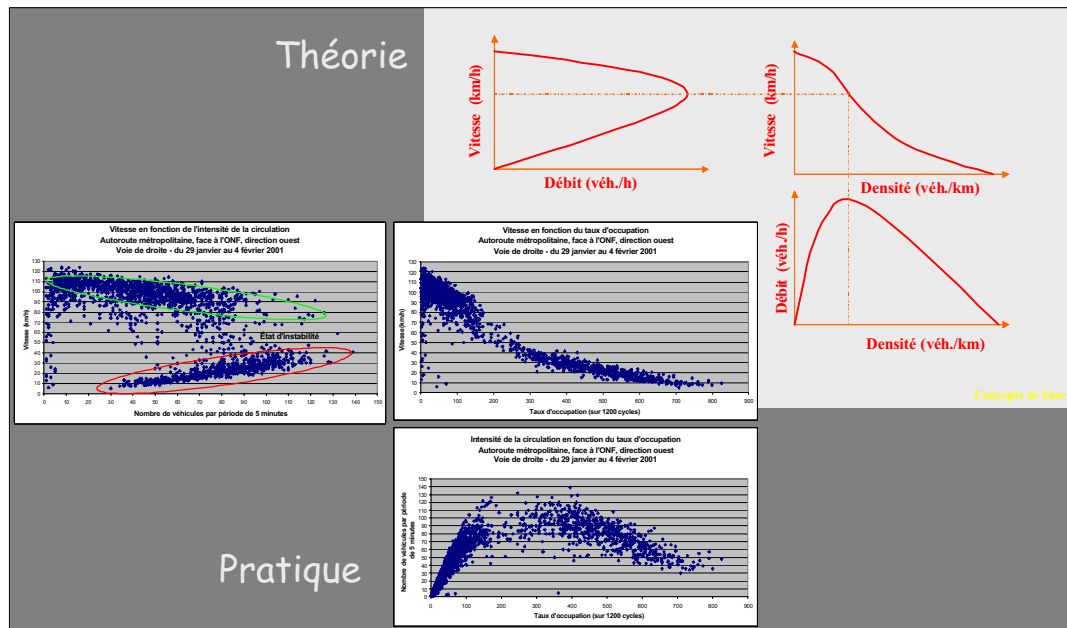


Figure 8

Formulation de la relation Volume-Délai

$$T_{(V)} = T_0 + [T_q - T_0] \cdot \left[\frac{(V/C)^\tau}{(V/C)^\tau + \alpha} \right]$$

$$\alpha = \frac{T_q - T_C}{T_C - T_0}$$

$$V = \frac{[V_{auto} + (V_{lourd} \cdot VPE)] \cdot FHP}{N}$$

où :

- $T_{(V)}$ = temps (min/km) sur un lien
- T_0 = temps à écoulement libre
- T_q = temps-plafond en écoulement forcé
- T_C = temps à capacité
- C = capacité pratique du lien (véh-équival/h-voie)
- V = volume net sur le lien (véh-équival/h-voie)
- α = paramètre d'asymétrie
- τ = paramètre de courbure (1 @ 20)

et:

- V_{auto} = volume auto pour la période
- V_{lourd} = volume « poids lourds » / période
- VPE = équivalent en véhicules particuliers des camions
- FHP = facteur d'heure de pointe sur le lien
- N = nombre de voies sur le lien

L'algorithme d'affectation, de type Frank & Wolfe, tient compte de la congestion sur le réseau en procédant, itérativement, à la recherche de solutions optimales successives, où les flux simulés à chaque itération permettent d'estimer les temps de parcours qui seront utilisés pour calculer la solution à l'itération suivante. À chaque pas itératif, l'algorithme établit une diversion partielle de la demande sur les nouveaux chemins minimum.

Comme on le voit dans la formulation des courbes V/D, le modèle tient compte de la présence des camions sur le réseau. La génération du nombre de camions opérant en arrière-plan sur le réseau routier permet de refléter la capacité résiduelle disponible aux automobilistes une fois le chargement des camions réalisé. La matrice de camionnage est établie à partir de diverses enquêtes réalisées sur le territoire et d'un ajustement final fait à partir des comptages classifiés disponibles. Le nombre de camions affecté sur le réseau est ensuite exprimé en équivalent-auto.

Signalons que pour tenir compte des déplacements exogènes, une matrice de demande auto est établie en fonction des comptages localisés au cordon du territoire, sur les principaux axes routiers pénétrants, et d'une fonction de désutilité gravitationnelle.

Le modèle est actuellement calibré pour la période de pointe du matin (6 h à 9 h) d'un jour ouvrable type d'automne 1998, correspondant à l'affectation de plus de 923.000 déplacements auto-conducteur endogènes au territoire, auxquels s'ajoutent 44.000 déplacements exogènes. Une convergence acceptable de la solution est obtenue après 40 itérations.

À titre d'exemple, la figure 9 montre un résultat d'affectation tel que produit par Emme/2, où les débits autos simulés en pointe du matin sont représentés par des bandes sur les liens du réseau. Des illustrations de même nature peuvent être produites pour illustrer les temps de parcours ou les vitesses sur le réseau, ou bien encore pour montrer la différence absolue ou relative de ces indicateurs entre deux scénarios successivement simulés.

Le modèle d'affectation routière est validé en comparant d'abord les temps de déplacement simulés sur le réseau aux temps observés, soit par relevés de voitures flottantes, soit par enquête auprès des navetteurs de quelques pôles d'emploi importants. Dans un deuxième temps, on mesure la capacité du modèle à reproduire les débits observés.

La figure 10 illustre la courbe enveloppe, à un écart-type de largeur, entre le volume simulé et les comptages observés. La droite pointillée en bleu montre la diagonale théorique, alors que la courbe en rouge montre l'estimation moyenne produite par le modèle. Globalement, le modèle reproduit les débits observés avec un coefficient r^2 de 0,93.

Figure 9
Débits simulés avec Emme/2

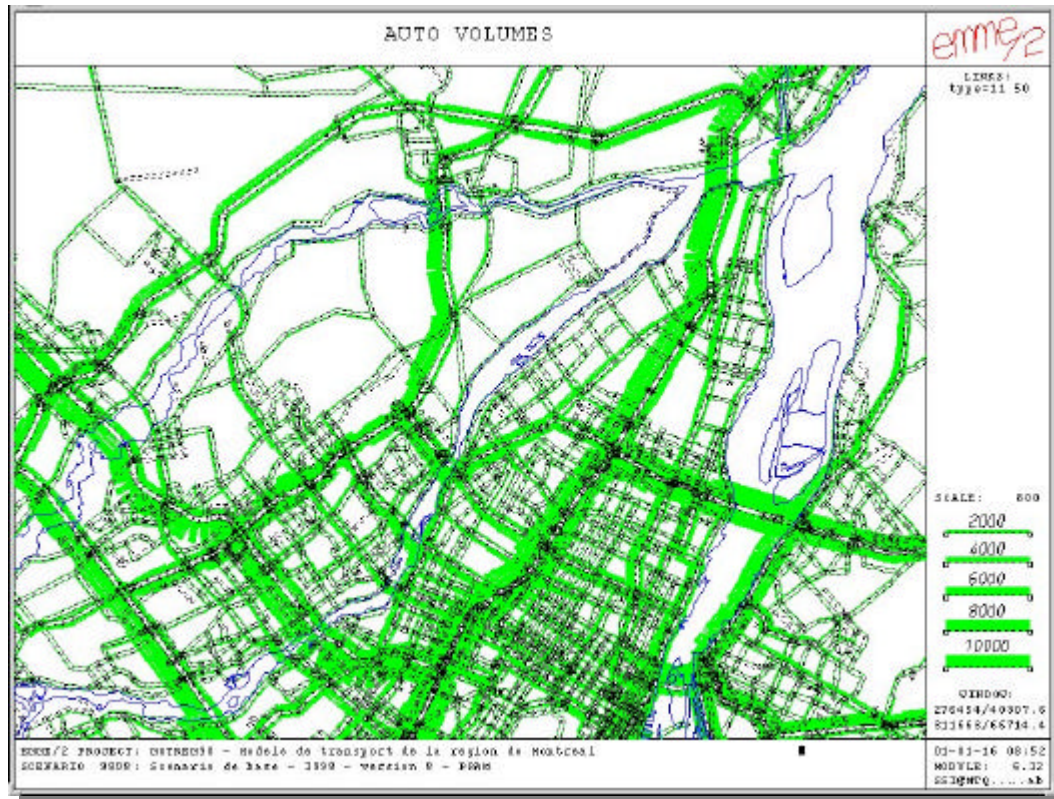
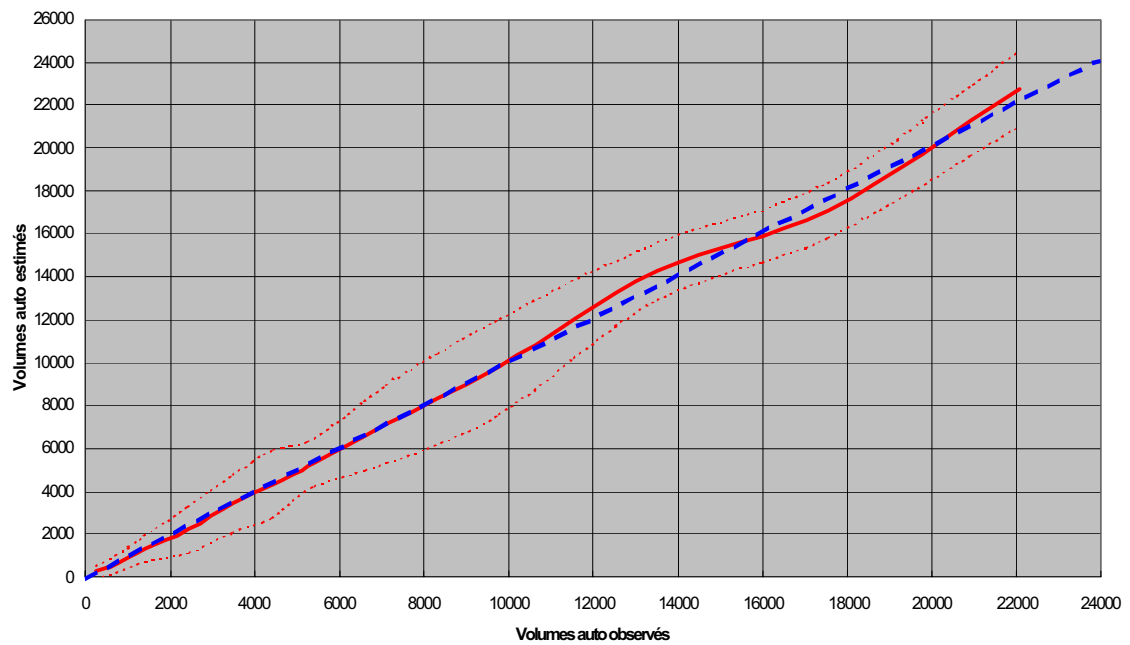


Figure 10
Débit simulé vs comptage (ppam)



6. Modèle d'affectation transport en commun

Le modèle d'affectation du transport collectif utilisé au SMST est développé sous le progiciel MADITUC et exploité de façon totalement désagrégée, en conjonction avec les fichiers d'Enquête Origine-Destination. Cette désagrégation est de deux ordres : analyse au niveau des enregistrements individuels de déplacement et analyse au niveau de la géolocalisation précise de chaque extrémité du déplacement.

Deux types d'utilisation sont possibles. Dans le premier cas, il s'agit d'analyser les itinéraires décrits au sein du fichier d'Enquête O-D. Le modèle estime alors les attributs de temps (temps d'accès, d'attente, de correspondance et de roulage) et produit les statistiques opérationnelles associés aux déplacements déclarés par les répondants, permettant ainsi l'analyse des échanges intermodaux et inter-institutionnels.

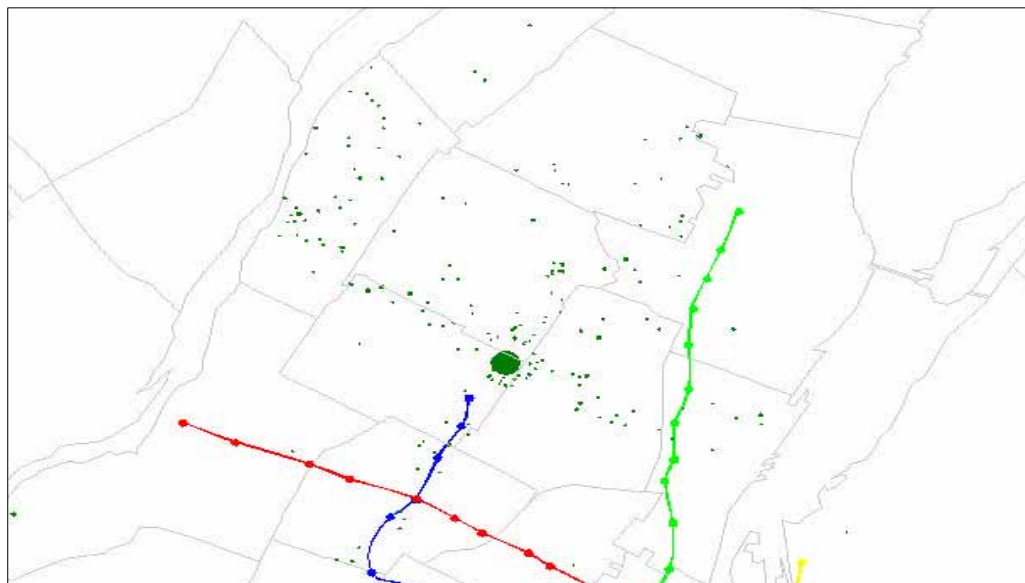
Dans un deuxième temps, le modèle est exploité pour simuler les déplacements associés à la mise en place de nouveaux services. Le modèle d'affectation doit donc être calibré pour reproduire le mieux possible le chargement de la demande décrite. L'algorithme d'affectation recherche alors le chemin qui minimisera le temps total (coût généralisé) du déplacement :

$$T_{g\acute{e}n} = \alpha T_{acc} + \beta T_{att} + T_{v\acute{e}h} + \text{P\acute{e}nalit\acute{e}s intermodales}$$

L'application du modèle permet des analyses très raffinées de l'usage des infrastructures de transport collectif, où il est toujours possible de caractériser les personnes qui exécutent les déplacements selon toutes leurs variables associées. Par exemple, la figure 11 montre le bassin des usagers qui utiliseraient l'éventuelle station Pie-IX, sur la ligne 5 de métro. La figure 12 illustre quant à elle les temps de déplacement à destination du centre-ville, durant la pointe du matin.

Figure 11

Bassin des usagers de la station Pie-IX (PPAM 2006)

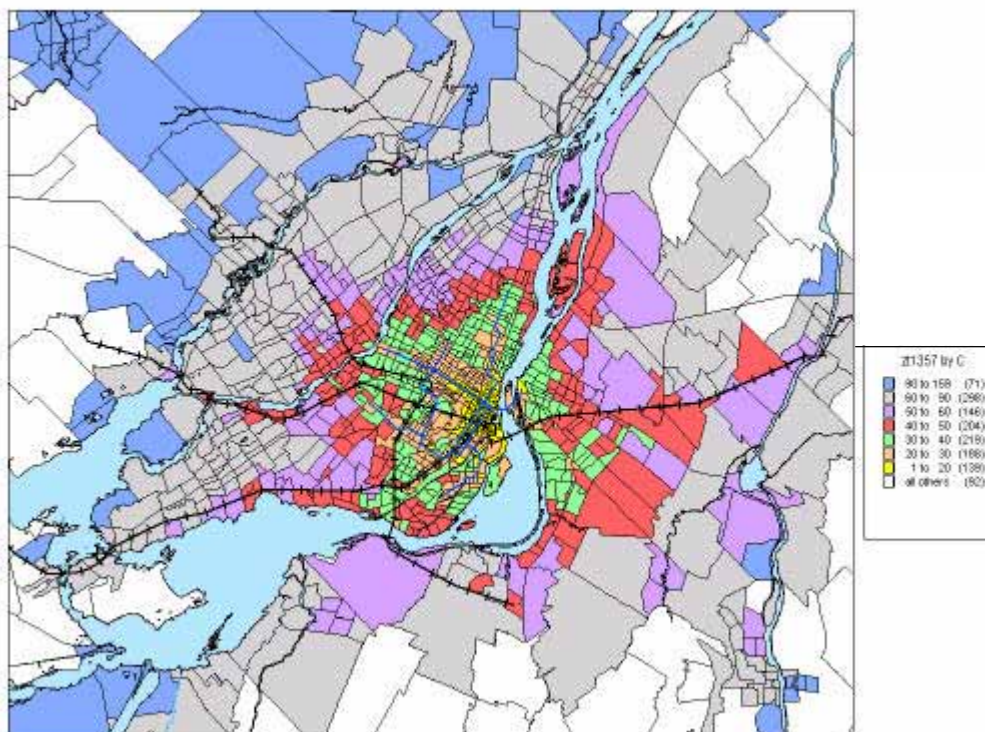


Bien que le réseau de transport collectif soit codifié sommairement sous le modèle Emme/2, le SMST n'a pas calibré de processus d'affectation de la demande pour cet plate-forme. Parmi les difficultés rencontrées à cet égard, signalons :

- l'existence de multiples organismes de transport dont les services ne sont pas toujours intégrés;
- la complexité des structures tarifaires en place;
- l'interpénétration multiple de services à accès réservé à des segments territoriaux de marché;
- la concurrence de plusieurs services dans les mêmes corridors (ex. : autobus, métrobus, trains de banlieue);
- la superposition de nombreux services en voies réservées aux autobus, entraînant des vitesses commerciales non homogènes sur des segments communs.

Figure 12

Temps de déplacement TC à destination du centre-ville (PPAM 2001)



7. Modèle de répartition modale

Un modèle de transfert modal (MTM), de type incrémental à seuils, est exploité de manière externe à EMME/2 et MADITUC. Il s'agit d'une collection de procédures SAS et de scripts Awk, qui exploitent les résultats des deux logiciels d'affectation pour repondérer, selon une approche semi-désagrégée, les déplacements observés par les Enquêtes O-D, en fonction de l'évolution relative des coûts généralisés de déplacement selon le mode. Le modèle effectue les transferts modaux dans les deux sens et traite explicitement les déplacements bi-modaux (ie : combinaisons auto-TC)¹⁸.

Ce modèle est appliqué systématiquement à la demande totale de l'horizon considéré afin de prédire le transfert modal des usagers et ensuite leur trajet dans les réseaux de transport (utilisant EMME/2 pour les simulations du réseau routier et MADITUC pour les simulations des réseaux de transport en commun). Cependant, seuls les déplacements de nature non-captive sont soumis à l'application du MTM; sont donc éliminés d'office du processus les déplacements appartenant à des chaînes trop complexes ou de durée non significative. De plus, l'usager TC qui n'est pas motorisé sera considéré captif du TC et ne sera pas éligible au processus.

Rappelons que le choix modal fondamental est celui qui est «révélé» par les enquêtes O-D et projeté implicitement dans le futur par le modèle de projection de la demande (MPD) suivant les cohortes « âge-sexe-région ». Le modèle de transfert modal (MTM) vient ensuite capturer une sensibilité aux variations relatives d'impédance des alternatives modales offertes.

Ainsi le MTM est appliqué de façon incrémentale en comparant toujours la conséquence d'améliorations des réseaux de transport par rapport à la situation qui a cours pour l'année de base.

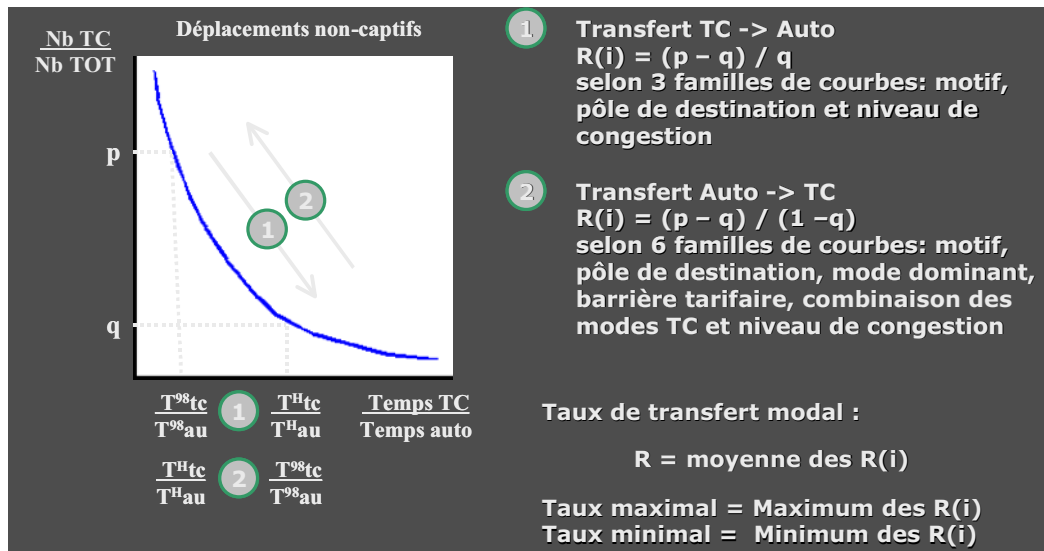
Lorsque le MTM est appliqué à un enregistrement de l'enquête O-D, il y a essentiellement trois résultats possibles :

- l'usager conserve son mode de transport actuel ;
- l'usager passe de son mode actuel vers la première alternative offerte (ex. : de privé vers public);
- l'usager passe de son mode actuel vers la seconde alternative (ex. : de privé vers combiné).

Lorsque une série de choix modaux contient plus d'une option, le transfert modal est considéré et sa probabilité est évaluée. Pour qu'un transfert soit considéré, un seuil minimal d'amélioration du temps de déplacement de 3 minutes est imposé afin d'éliminer des choix illogiques qui seraient basés sur d'infimes améliorations du temps de déplacement et de prendre en considération également un seuil psychologique de résistance au changement. Une fois que l'alternative a passé le test du seuil, la probabilité de transfert est calculée à l'aide de courbes de diversion qui ont été préalablement calibrées en fonction de la proportion du temps total de déplacement du mode choisi par rapport à l'alternative considérée (figure 13).

¹⁸ Signalons que le modèle prend en compte explicitement la capacité des parcs d'incitation et emploie un algorithme de « remplissage » semi-chronologique de ceux-ci.

Figure 13
Calcul des taux de transfert modal



Le calibrage des courbes de diversion a été fait de façon stratifiée afin de produire des séries de choix raisonnablement homogènes. En plus de la stratification habituelle par motif de déplacement les dimensions suivantes ont aussi été utilisées :

- pôle de destination;
- efficacité de la combinaison de modes TC;
- mode TC principal de la combinaison;
- nombre d'incrément tarifaires;
- niveau de la congestion routière sur le trajet auto alternatif.

En pratique les six courbes de diversion sont appliquées et une probabilité moyenne est évaluée. Le facteur d'expansion de l'enregistrement individuel est ensuite divisé en proportion de ces probabilités et un nouvel enregistrement est créé (cloné) en conservant toutes les caractéristiques de l'enregistrement original mais avec le nouveau mode alternatif et ses attributs particuliers.

8. Analyse des résultats

8.1 Analyses de circulation

L'analyse des résultats des simulations routières peut se faire directement à l'intérieur d'EMME/2 ou à l'aide de sa nouvelle interface cartographique ENIF. Un programme d'interface développé par le MTQ permet aussi l'exploitation géomatique des résultats Emme/2 sous MapInfo.

Parmi les analyses possible de la circulation sur les infrastructures projetés, signalons l'examen des bassins d'utilisateurs de liens sélectionnés du réseau. À titre d'exemple, la figure 14 montre le volume et la répartition géographique des origines (rouge) et des destinations (bleu) des utilisateurs du pont projeté avec le parachèvement de l'Autoroute 25, au dessus de la Rivière des Prairies, en direction de Montréal.

Une autre illustration de résultats de simulation est présentée à la figure 15, où est spatialisée l'augmentation anticipée des temps de déplacement automobile à destination du pôle « Galeries d'Anjou » entre 2001 et 2021, dans l'hypothèse ou aucune des interventions planifiées au Plan de gestion des déplacements de la région de Montréal ne serait réalisée (situation de statu-quo).

Les analyses de type « avantage/coûts » et autres études économiques sont aussi alimentées par les résultats de simulation (ex. : variations de vitesses et de temps de déplacement, facteurs du coût d'opération des véhicules, etc.), lesquels peuvent au besoin être stratifiés par classes d'utilisateur ou bassins de clientèle.

Figure 14

Bassin de captage du pont projeté sur l'A-25 (demande PPAM 1998)

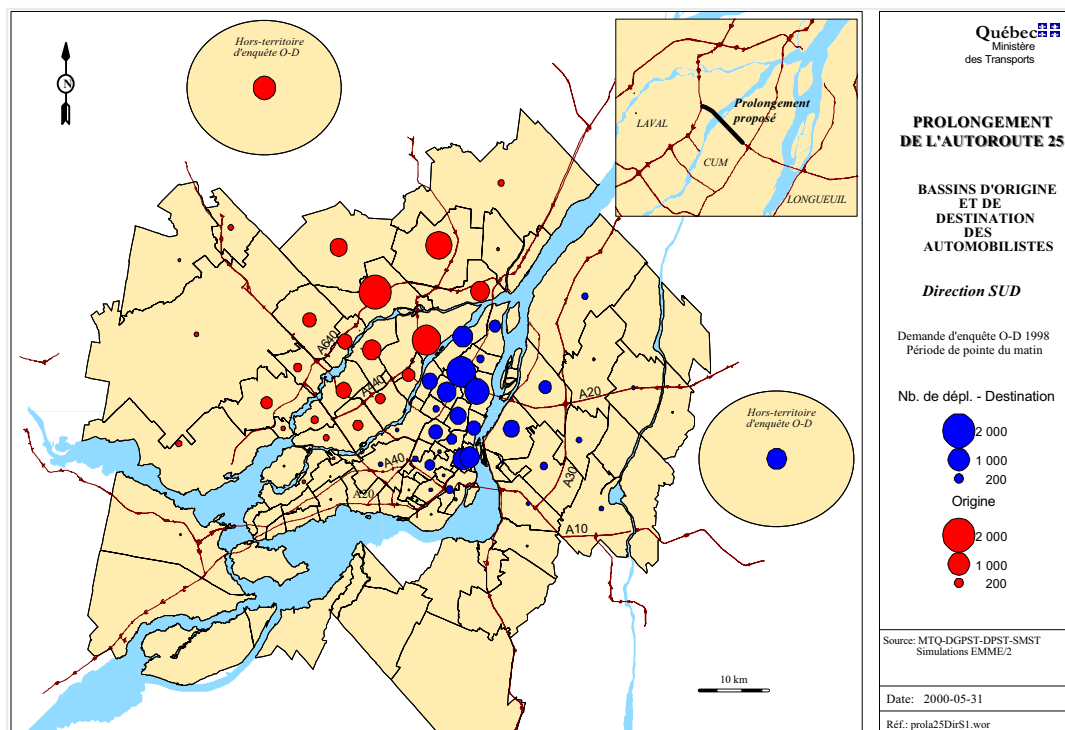
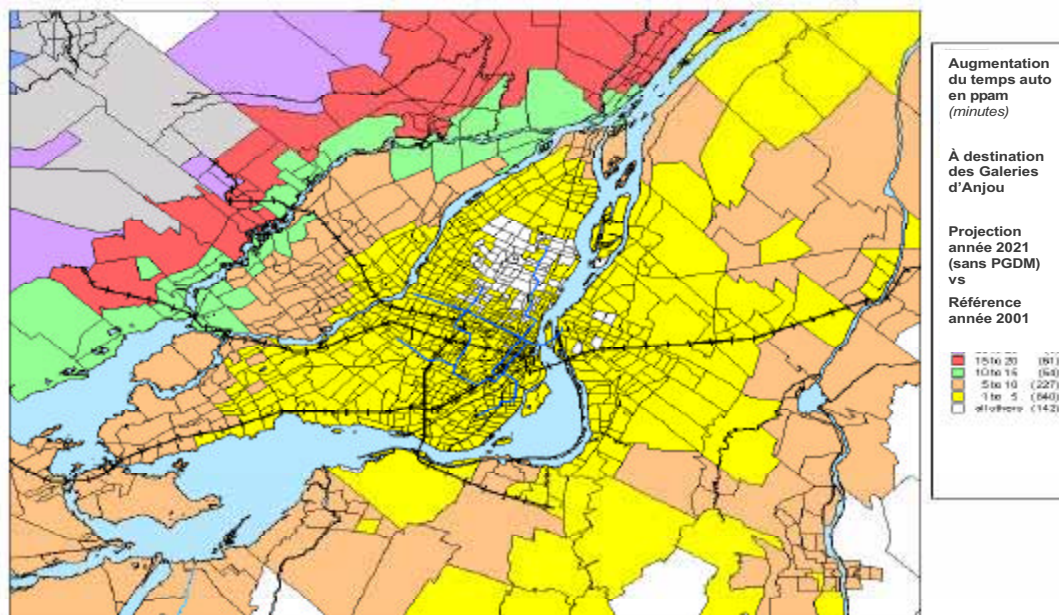


Figure 15
Augmentation des temps de déplacement auto 2001-2021
PPAM, Destination Anjou



8.2 Impacts environnementaux

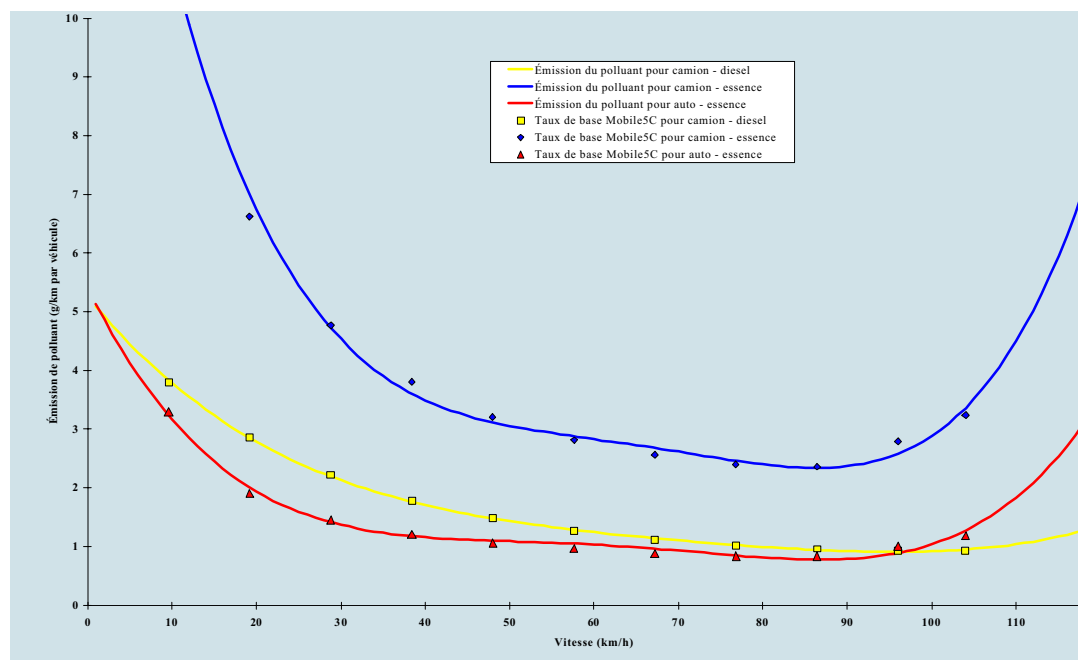
L'analyse de certains impacts environnementaux est possible à partir de sous-modèles intégrés au MOTREM. Ces sous-modèles permettent l'évaluation de la consommation d'énergie, des émissions de gaz à effet de serre (CO₂) et des émissions polluantes (HC, NO_x et CO).

Originellement développé en 1993 avec la collaboration technique du *Centre de Recherche sur les Transports* de Montréal, le modèle d'émissions polluantes repose sur l'emploi de fonctions issues du progiciel MOBILE-5C¹⁹. Les émissions sont établies pour trois polluants (CO, HC et NO_x), sous deux régimes de moteur (*départ-à-froid* et *stabilisé*), pour 5 classes de véhicules et 4 saisons (Hiver, Printemps+Automne/froid, Printemps+Automne/doux, Été). Il est implémenté sous forme de macros Emme/2, en post-traitement à une affectation à deux stades, où on utilise l'opérateur "cutoff" fixé à 8,4 min. pour isoler la période de stabilisation du moteur.

À titre d'exemple, la figure 16 illustre les courbes d'émission d'hydrocarbures (g/véh-km) en fonction de la vitesse, pour trois types de véhicules (auto-essence, camion essence et camion-diesel) opérant sur autoroute.

¹⁹ Version canadienne du logiciel MOBILE-5, de l'EPA (voir <http://www.epa.gov/otaq/mobile.htm>).

Figure 16
Émissions de HC pour moteur stabilisé



Le modèle d'émission utilisé avec le MOTREM est actuellement en révision, suite à la mise en service, plus tôt cette année, de la version 6 du modèle MOBILE, par l'EPA et dont Environnement-Canada travaille présentement à la canadianisation. Il convient de souligner que les résultats actuellement produits avec MOBILE-5C surestiment les émissions polluantes par rapport à la nouvelle version, compte tenu notamment de l'évolution technologique marquée des moteurs depuis le début de la décennie 1990.

Le MOTREM incorpore aussi un sous-modèle d'estimation de la consommation de carburant, lequel permet à son tour d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre. Ce modèle, lui aussi originalement développé en 1993 avec l'appui du CRT, a été mis à jour en 1996, en utilisant l'approche et les données issues du logiciel californien FREQ8. Il tient compte de deux conditions de conduite (autoroutes et artères), pour 3 classes de véhicules. Les taux de consommation ont été rajustés pour refléter des conditions moyennes correspondant au parc automobile québécois de 1993. Ce modèle est lui aussi implémenté par des macros sous Emme/2, en post-traitement à l'affectation automobile.

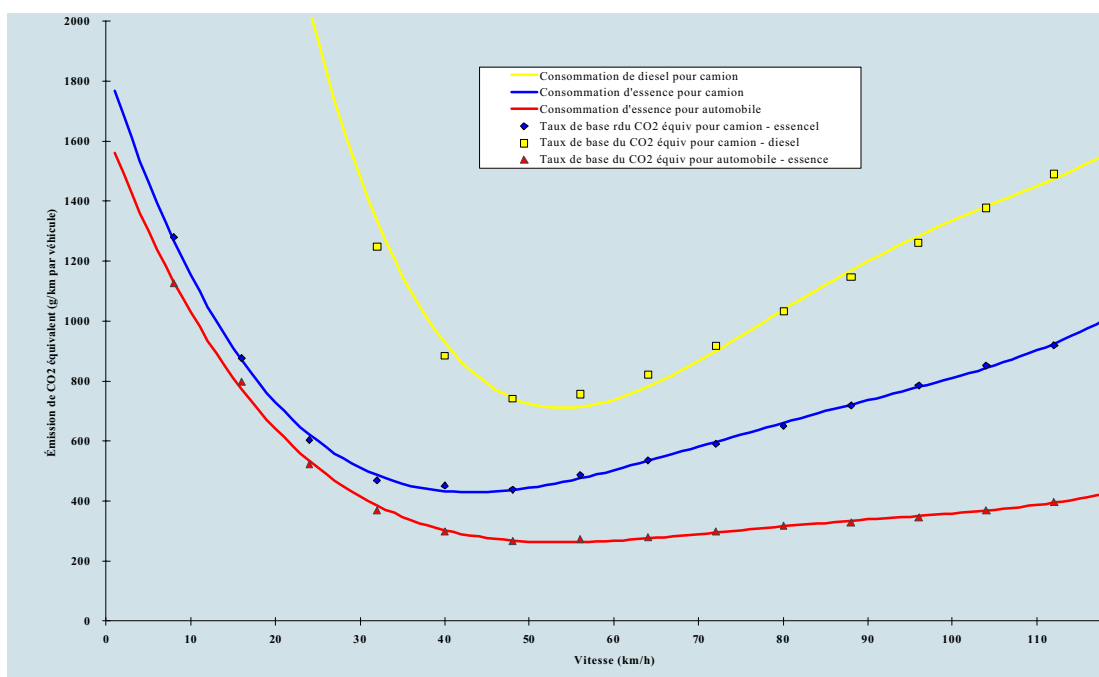
La production comme telle des gaz à effet de serre est estimée sur la base de taux d'émission²⁰ en équivalent-tonnes de CO₂ par kilolitre de carburant consommé (essence et diesel). Trois composants sont pris en compte : CO₂, CH₄ et N₂O. La figure 17 illustre, à titre d'exemple, les courbes d'émission de gaz à effet de serre en fonction de la vitesse sur autoroute pour les trois mêmes types de véhicules.

²⁰ Source des taux: *Environment-Canada Report SPE 5/AP/4*, Dec. 1992.

Bien qu'il date déjà un peu, ce modèle continue à produire des estimations raisonnables de la consommation, avec une moyenne simulée de 10,5 litres/100 km pour le parc automobile montréalais en pointe du matin. Comme pour le modèle d'émissions polluantes, les résultats produits permettent une évaluation acceptable des impacts relatifs (comparaison entre deux variantes), même s'ils doivent être utilisés avec circonspection dans l'analyse des résultats absolus, en attendant leur actualisation prochaine.

Figure 17

Émissions de GES pour déplacement sur autoroute



9. La micro-simulation routière

Le SMST exploite le progiciel de micro-simulation routière GETRAM²¹, incluant l'éditeur graphique de réseau TEDI et le simulateur microscopique de circulation AIMSUN-II. Ce micro-simulateur possède la particularité de traiter les déplacements à travers une matrice d'entrées-sorties sur des sous-réseaux complets de transport et d'intégrer un processus de calcul dynamique de chemin minimum.

Il peut traiter simultanément différentes classes de véhicules, tout en prenant en compte des éléments de signalisation et de gestion de circulation faisant appel aux

²¹ GETRAM: Generic Environment for Traffic Analysis and Modelling, TSS-Transport Simulation Systems, Barcelona [<http://www.aimsun.com>].

nouvelles technologies (SIT). Le progiciel dispose d'une interface avec EMME/2 (importation de matrices et de réseau) et offre un environnement de développement API (*Application Programming Interface*) permettant d'agir sur toutes les entités du modèle.

La micro-simulation vise l'analyse de sous-ensembles du réseau de transport. Elle s'appuie sur des notions d'entités (tronçon, conducteur, véhicule, détecteur, signalisation, etc.), chacune caractérisée par des attributs, pour simuler le comportement des conducteurs et les interactions entre ceux-ci et les diverses entités. Le comportement de conduite est reproduit à l'aide de trois sous-modèles:

- modèle de poursuite et de circulation en file (car following);
- modèle de changement de voie (lane changing);
- modèle d'insertion des véhicules (gap acceptance).

La figure 18 illustre quelques entités-types représentées sous AIMSUN, pour l'analyse des approches au Pont Mercier, tandis que la figure 19 est tirée de l'analyse d'un scénario de réaménagement géométrique du rond-point l'Acadie, à Montréal.

Figure 18
Analyse des approches du Pont Mercier

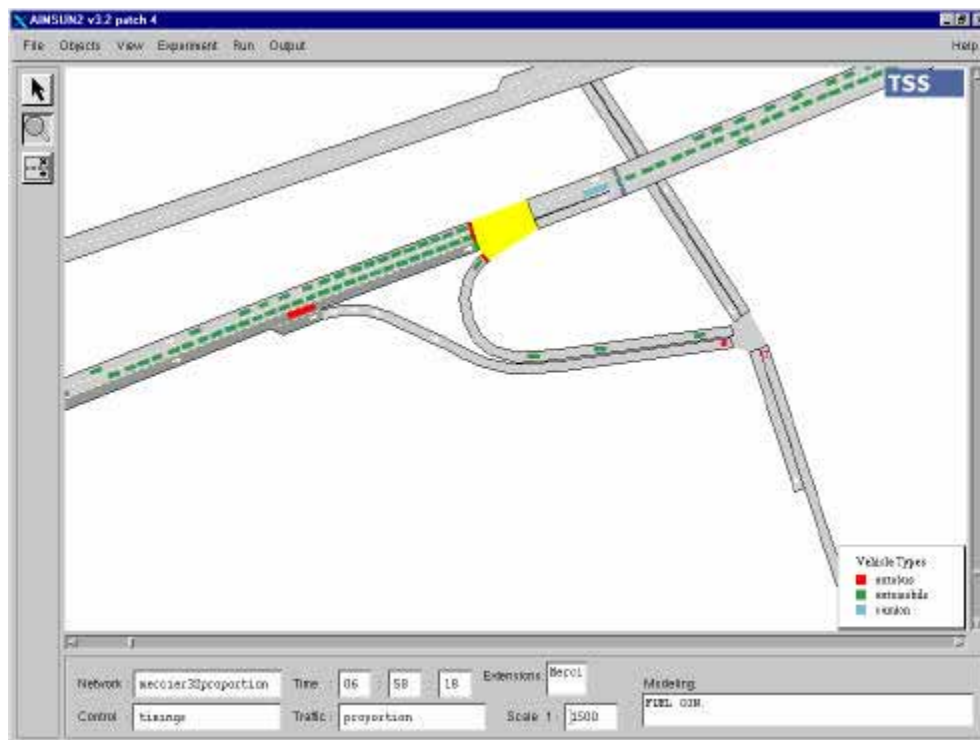


Figure 19
Micro-simulation de la circulation avec AIMSUN-II

