

Rapport d'étape 1

Produit livrable #4 pour la

Réalisation des études d'achalandages et revenus pour les projets autoroutiers en partenariat public-privé dans la région de Montréal

Projet N° 5100-01-QZ04



Présenté au
Ministère des Transports du Québec
Direction générale de Montréal et de l'Ouest

Présenté par
PB Consult Inc. / Parsons Brinckerhoff / PB Farradyne
En association avec
TraVol Inc.
HBA Specto Inc.
ADEC Géocom
Les Conseillers Inro Inc.

Le 5 août 2002



Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Contexte	1
1.1.1	Domaine d'intervention	1
1.1.2	Problématique.....	1
1.1.3	Objectifs et orientations de mise en œuvre.....	2
1.1.4	Contexte technologique	3
1.2	Structure du rapport	4
1.3	Les documents annexés	4
2	Les corridors à l'étude	7
2.1	Présentation générale	7
2.2	Parachèvement de l'Autoroute 25	7
2.2.1	Description du projet	7
2.2.2	Études et rapports réalisés à ce jour	10
2.3	Parachèvement de l'Autoroute 30	13
2.3.1	Description	13
2.3.2	Études et rapports réalisé à ce jour.....	13
3	Revue des données et des outils existants	17
3.1	Le MOTREM	18
3.1.1	La demande de transport.....	20
3.1.2	L'offre de transport.....	20
3.1.3	Modèle d'affectation routière	21
3.1.4	Modèle d'affectation transport en commun	21
3.1.5	Modèle de transfert modal	22
3.2	Résultats de l'Enquête O-D régionale de 1998	22
3.3	Comptages routiers et enquêtes	23
3.3.1	Comptages routiers	23
3.3.2	Enquêtes O-D locales.....	24
3.4	Modèle de prévision de la demande du MTQ	25
3.4.1	Scénario tendanciel rajusté	25
3.4.2	Scénario de croissance économique soutenue.....	27

4 Améliorations proposées au MOTREM	29
4.1 L'état de l'art dans la modélisation des péages	29
4.1.1 Le choix de route à péage dans le système hiérarchique du modèle ..	30
4.1.2 La modélisation de différentes structures de péage.....	32
4.1.3 Approche et critères pour une structure de tarification optimale.....	32
4.2 Approche de modélisation proposée	33
4.2.1 Processus de prévision de la demande.....	36
4.2.2 Modèle de transfert modal.....	38
4.2.3 Demande complémentaire.....	40
4.3 Compléments et améliorations au MOTREM	41
4.3.1 La modélisation des chaînes de déplacement.....	41
4.3.2 Modèle de choix modal.....	44
4.3.3 Environnement de modélisation	46
4.3.4 Calibration du modèle	47
5 Scénarios de péage	49
5.1 Composantes de péage	49
5.1.1 Terminologie et définitions.....	49
5.1.2 Les technologies de perception	52
5.1.3 Poste de commande centralisé et centre de service à la clientèle	53
5.2 Aménagements physiques considérés par le MTQ dans les corridors à l'étude	56
5.2.1 Corridor de l'A-25.....	56
5.2.2 Corridor de l'A-30.....	56
5.3 Scénarios de péage, A-25	57
5.3.1 Système de péage	57
5.3.2 Système de perception	58
5.3.3 Particularité : les lignes à haute tension	58
5.3.4 Coûts.....	61
5.4 Scénarios de péage, A-30	63
5.4.1 Système de péage	69
5.4.2 Système de perception	69
5.4.3 Coûts.....	73

5.5 Interopérabilité des systèmes	75
5.6 Recommandations	76
5.6.1 Corridor de l'A-25	76
5.6.2 Corridor de l'A-30	77
6 Définition des matrices de demande	79
6.1 Généralités	79
6.2 Stratification par motif de déplacement	79
6.3 Stratification par mode	80
6.4 Stratification de la demande de déplacement selon ses caractéristiques socio-économiques	82
6.5 Stratification de la demande par type de véhicule	83
6.6 Stratification par période de la journée	83
6.7 Annualisation des résultats	85
7 Conclusions	89

Liste des figures

Figure 1 – Corridors d'intervention, A-25 et A-30	9
Figure 2 – Corridors d'intervention, A-25	11
Figure 3 – Corridors d'intervention, A-30	15
Figure 4 – Structure générale du MOTREM	19
Figure 5 – Concepts de modélisation	35
Figure 6 – Divers combinaisons de déplacements journaliers	42
Figure 7 – Structure de choix modal emboîtée à 4 niveaux	46
Figure 8 – Environnement de modélisation intégrée proposé	47
Figure 9 – Systèmes de péage ouvert et fermé	51
Figure 10 – Emplacement du pont par rapport à la ligne à haute tension, direction Laval-Montréal	61
Figure 11 – Corridor de l'A-25 à l'étude	59
Figure 12 – Station de télépéage, A-25	60
Figure 13 – Localisation des stations de péage, A-30, scénario d'aménagement nord	65
Figure 14 – Localisation des stations de péage, A-30, scénario d'aménagement sud	67
Figure 15 – Station de télépéage, A-30	70
Figure 16 – Station de perception électronique hybride, A-30	72
Figure 17 – Stratification de la demande selon le motif de déplacement	80
Figure 18 – Stratification de la demande selon le mode de déplacement	81
Figure 19 – Périodes de la journée	84

Liste des tableaux

Tableau 1 – Hypothèse de valeur du temps	12
Tableau 2 – DJMA anticipés en fonction du tarif	12
Tableau 3 – Enquêtes O-D locales récentes, DTOM	24
Tableau 4 – Prévisions de la demande des déplacements (scénario rajusté)	26
Tableau 5 – Comparaison de la terminologie des chaînes et des déplacements	43
Tableau 6 – Caractéristiques des déplacements de l'Enquête O-D 1998 (24 heures, jour ouvrable moyen d'automne)	45
Tableau 7 – Caractéristiques des chaînes de déplacements de l'Enquête O-D 1998 (24 heures, jour ouvrable moyen d'automne)	45
Tableau 8 – Comparaison des technologies de perception des péages	54
Tableau 9 – Équipements et coûts typiques d'une station de télépéage, A-25	62
Tableau 10 – Équipements et coûts typiques d'une voie réservée - A-25	62
Tableau 11 – Coûts globaux du système- A-25	63
Tableau 12 – Équipements et coûts typiques d'une station de télépéage, A-30	73
Tableau 13 – Équipements et coûts typiques d'une station de péage hybride	74
Tableau 14 – Coûts globaux du système- A-30	75
Tableau 15 – Caractéristiques socio-économiques	82
Tableau 16 – Facteurs d'annualisation des achalandages	86
Tableau 17 – Calcul du Facteur d'Équivalence de jour non-ouvrable	87

Liste des annexes

- Annexe 1 : Rapport technique interne – Évaluation des modèles et procédures existants – Proposition d'une structure de modélisation et d'estimation (Rédigé en anglais)
- Annexe 2 : Analyse de la segmentation des comptages routiers
- Annexe 3 : Fonctions d'un centre de service à la clientèle
- Annexe 4 : Recueil de comptages autoroutiers 1997-1999

1 Introduction

1.1 Contexte

Le Ministère des Transports du Québec (MTQ) désire mettre en œuvre deux importants projets de développement du réseau routier de la région de Montréal, qui seront réalisés en partenariat public-privé (PPP).

- Le parachèvement de l'Autoroute 25, entre Montréal et Laval;
- Le parachèvement de l'Autoroute 30, entre Candiac et Vaudreuil-Dorion;

Le Ministère a mis en place une structure organisationnelle spécifique à l'accomplissement de ces projets, le Bureau de Mise en Œuvre du Partenariat Public-Privé (**BMOPPP**), constitué de sept (7) équipes de travail spécialisées, chacune placée sous la supervision d'un coordonnateur. Une de ces équipes est responsable du volet de l'étude «Achalandages et revenus», lequel constitue la pierre angulaire du projet.

L'équipe PB Consult a le mandat de réaliser les études d'achalandages et de revenus prévisibles pour les deux projets cités plus haut, en support à la démarche vers l'établissement de ces partenariats public-privé.

Ce chapitre précise le contexte de réalisation du mandat en décrivant :

- Le domaine d'intervention du mandat;
- La problématique et les objectifs qui le sous-tendent;
- Son contexte technologique.

1.1.1 Domaine d'intervention

Ce mandat se situe dans le domaine de l'analyse et de la planification des systèmes de transport. Il requiert une connaissance approfondie des techniques et des outils de modélisation des réseaux et systèmes de transport, des stratégies de tarification et des modes de perception sur les routes à péage, et sur les enquêtes de préférence déclarée, tant pour le transport de personnes que de marchandises.

1.1.2 Problématique

Il a été démontré par des études préliminaires récentes que les corridors des autoroutes 25 et 30, une fois complétés, comporteraient des bassins de drainage

importants en période de pointe du matin, tant aujourd'hui que dans le futur, sur un horizon de 25 ans.

Dans le même temps, à cause des coûts sans cesse croissants de construction et d'entretien de l'infrastructure routière, le Gouvernement du Québec explore des méthodes alternatives de financement de nouvelles infrastructures de transport, et l'Assemblée Nationale a adopté la Loi concernant les partenariats en matière d'infrastructures de transport (2000, chapitre 49). Celle-ci l'autorise à établir des ententes de partenariat afin de compléter certains liens du réseau routier supérieur sans avoir à immobiliser des sommes importantes.

Cette conjoncture milite en faveur du parachèvement des autoroutes 25 et 30 dans le cadre de projets en partenariat, par exemple de type CCEEF (Conception – Construction - Exploitation – Entretien - Financement). Le MTQ a mis sur pied la structure administrative pour aller de l'avant dans cette direction et est disposé à procéder à un appel d'offres pour la mise en œuvre de projets de partenariat public-privé concernant ces routes, sous réserve de la démonstration de leur viabilité économique et financière. C'est dans cette perspective qu'il lance un programme d'études indépendantes, dont celle d'achalandages et revenus, chacune constituant un volet des études de faisabilité de route à péage (ingénierie, environnement, analyses économique et financière, en plus du volet planification, qui a identifié au préalable les besoins qui justifient le nouveau lien).

Les raisons invoquées par le MTQ pour réaliser ces études de son propre chef sont de trois ordres :

- Le Ministère désire s'adjoindre les services d'un consultant spécialiste en matière d'études d'achalandages et de revenus pour les routes à péage, un domaine d'expertise dans lequel le MTQ dispose de peu d'expérience;
- Le Ministère désire se doter d'un dossier de faisabilité économique et financière solide pour assurer que les entreprises éventuellement intéressées à présenter une offre de PPP élaborent celle-ci à partir d'une source d'information unique, fiable et acceptable par les groupes financiers qui supporteront les propositions;
- Enfin, le Ministère souhaite éviter tout conflit d'intérêt entre les fournisseurs qui exécuteront les présentes études de faisabilité et les entreprises éventuellement intéressées à proposer des offres pour la mise en œuvre des projets autoroutiers.

C'est en vertu de cette problématique à trois volets que le MTQ a octroyé en novembre 2001 le mandat pour l'étude d'achalandages et de revenus potentiels des autoroutes 25 et 30 à l'équipe PB Consult.

1.1.3 Objectifs et orientations de mise en œuvre

L'étude d'achalandages et revenus des autoroutes 25 et 30 a comme objectif l'évaluation du nombre d'utilisateurs qui utiliseraient ces corridors routiers sujets à une

stratégie tarifaire et un mode de perception adéquat. Les revenus générés dans ces conditions permettent d'évaluer la faisabilité économique du projet et sa viabilité financière.

En effet, afin de déterminer les risques financiers d'un projet de partenariat routier, tant pour le secteur privé que pour le gouvernement, il est essentiel de prévoir de la façon la plus fiable possible les flux de circulation et les revenus de péage qui pourront être générés par la création de la nouvelle infrastructure routière. Ceci implique, entre autres, un examen détaillé des flux de circulation existants et une analyse approfondie des clientèles potentielles de l'infrastructure à péage, de leurs caractéristiques, de leurs comportements en termes de déplacements et de leurs réactions face à la tarification à l'usage de nouveaux tronçons autoroutiers. Il faut également tenir compte du partage des trafics entre l'infrastructure à péage et le réseau gratuit existant, des services de transport collectif existants et prévisibles, de l'élasticité de la demande face au tarif, ainsi que de l'étalement à court, moyen et long terme des flux de revenus selon diverses hypothèses de tarification, de technologies de perception du péage et de développement socio-économique, notamment de la région desservie par chacune de ces autoroutes à péage.

1.1.4 Contexte technologique

Le contexte technologique de ce mandat comporte deux principales classes de composantes:

- Des bases de données fournissant entre autre de l'information sur la demande de déplacement de personnes et de marchandises, sur les comptages routiers et sur la morphologie des réseaux routiers et de transport en commun, ces dernières bases de données étant géo-référencées;
- Des modèles et outils exploitants ces informations pour fins de prévision de la demande et d'affectation sur les réseaux.

Le mandat du fournisseur s'appuie surtout sur ces composantes et leurs sous-produits, qui sont déjà en place au MTQ, dont notamment le Modèle de transport de la région de Montréal (MOTREM) du Service de la Modélisation des Systèmes de Transport (**SMST**). Les principales caractéristiques du MOTREM sont résumées au **Chapitre 3**.

Pour ce qui concerne le présent mandat, l'environnement de modélisation est basé principalement sur le logiciel EMME/2 et sur les grandes Enquêtes Origine-Destination régionales montréalaises. Le plus récent calage du modèle s'appuie sur l'Enquête O-D 1998, ainsi que sur les comptages et relevés de vitesses réalisés concurremment. Cette récente configuration est intitulée MOTREM98 et constitue la pierre d'assise du système de modélisation disponible pour la présente étude.

1.2 Structure du rapport

Deux des tâches essentielles au bon déroulement de ce mandat sont d'une part la coordination du travail avec le MTQ et d'autre part la compréhension des outils de modélisation et la familiarisation de l'équipe PB Consult avec les données disponibles.

- Le **Chapitre 2** de ce rapport présente les projets de développement considérés pour les autoroutes 25 et 30, ainsi que le résumé des études de simulation préliminaires récentes de ces projets, réalisées par le SMST antérieurement au présent mandat.
- Le **Chapitre 3** de ce rapport présente la revue des données et des outils existants au MTQ.
- Le **Chapitre 4** présente l'état de l'art dans le domaine de la modélisation des routes à péage et une évaluation du MOTREM-98 par rapport à cela. Cette revue des modèles et des données indique que le SMST possède une quantité appréciable de données et d'outils existants. Ceci permet ainsi à l'équipe conjointe MTQ/PB Consult de se concentrer sur les compléments nécessaires à ce projet, entre autres les éléments du modèle reflétant les résultats des enquêtes de préférences déclarées, la stratification de la demande, le nouveau modèle de transfert modal sensible à la tarification, et enfin la modélisation de toutes les périodes de la journée.
- Le **Chapitre 5** introduit les scénarios de système de péage qui sont proposés pour ce mandat, l'organisation conceptuelle des scénarios et présente également, de façon sommaire, les différentes technologies des péages. Les modes de perception, la tarification et le concept du système « ouvert » ou « fermé » y sont expliqués.
- Le **Chapitre 6** présente la stratification des données telle qu'elle sera appliquée dans les modèles qui serviront à simuler et prévoir les achalandages et revenus des routes à péages.
- Enfin, le **Chapitre 7** présente les conclusions de l'Étape 1 du projet.

1.3 Les documents annexés

Quatre documents sont annexés à ce rapport.

L'**Annexe 1** est un document de travail intérimaire déposé au cours de l'Étape 1; il traite des sujets suivants :

- l'état de la situation à travers le monde en ce qui a trait à la modélisation des routes à péage ;
- les propriétés du MOTREM98 et en particulier le modèle de transfert modal que PB Consult propose d'améliorer ;

- la méthodologie proposée pour cette amélioration;
- enfin la structure des données nécessaires au modèle qui fera l'objet d'une analyse plus détaillée dans le troisième produit livrable : définition des matrices de demande.

Ce texte annexé est rédigé en langue anglaise; ses chapitres 2 et 3 (revue de l'état de l'art en modélisation des péages et du MOTREM98) sont résumés en français dans ce rapport à la **Section 3**. Le chapitre 4 présente la formulation théorique du nouveau modèle de transfert modal. Des résumés des chapitres 5 et 6 de cette annexe, (stratification des données et environnement d'application) sont également traduits respectivement aux **Sections 5.1** et **3.3** du présent rapport.

L'**Annexe 2** est un document produit par le SMST, décrivant la méthode de segmentation des banques de données de comptages, essentielles pour la calibration du modèle (surtout que celui-ci déborde du cadre habituel de la période de pointe du matin).

L'**Annexe 3** présente une liste des fonctions d'un poste de commande central (PCC) d'un système de télépéage (péage électronique sans arrêt).

Enfin, l'**Annexe 4** présente les résumés par jour et par mois des recueils de comptages annuels du MTQ pour onze stations permanentes, lesquelles permettent d'établir les facteurs d'annualisation des achalandages pour estimer les revenus annuels des routes à péage.

2 Les corridors à l'étude

2.1 Présentation générale

Les projets routiers visés par ce document sont les suivants :

- Le parachèvement de l'Autoroute 25 entre l'Autoroute 440 à Laval et le boulevard Henri-Bourassa à Montréal;
- Le parachèvement de l'Autoroute 30, entre Candiac et Dorion.

La Figure 1 situe géographiquement les deux projets en question sur le territoire de la région métropolitaine de Montréal.

2.2 Parachèvement de l'Autoroute 25

2.2.1 Description du projet

Le corridor général d'intervention du projet de parachèvement de l'Autoroute 25 est illustré à la Carte 2. Le Plan de gestion des déplacements de la région métropolitaine de Montréal¹ décrit ainsi ce projet:

«... L'ampleur des volumes de véhicules sur l'Autoroute 40 et sur l'Autoroute 25, entre le pont-tunnel et l'Autoroute Métropolitaine, témoigne du fort développement des secteurs desservis par ces liens et, plus particulièrement, de la partie est de la région métropolitaine. En 1995, l'Autoroute 40, entre l'axe du pont-tunnel et le boulevard Pie-IX, supportait 149 000 véhicules quotidiennement; entre Pie-IX et Papineau, elle supportait 172 000 véhicules, et entre Papineau et l'Autoroute 15, le débit était de 156 000 véhicules par jour. L'Autoroute 25, supporte entre l'Autoroute 40 et le Pont-tunnel, quelque 128 000 véhicules par jour.

Ce lien autoroutier est particulièrement important pour le développement économique de l'Île de Montréal et de Laval. Intégré à l'intérieur d'une stratégie de développement pour l'est de l'agglomération, il aura des retombées importantes sur le dynamisme économique de la région métropolitaine. Sa réalisation permettra à Laval et aux régions des

¹ Plan de gestion des déplacements – Région métropolitaine de Montréal – Fiches techniques et cartographiques, Ministère des Transports, avril 2000, p. 29.

Laurentides et de Lanaudière d'être reliées à l'est de Montréal et à la Montérégie sans avoir à emprunter l'Autoroute Métropolitaine.

Ce prolongement d'autoroute pourrait, en l'absence de mesures restrictives d'aménagement du territoire, provoquer un développement urbain accéléré du secteur est de l'Île de Laval. Ce projet devra être soutenu par un cadre d'aménagement régional, qui contrôlera et orientera de façon rigoureuse le développement de cette partie du territoire. Des interventions intégrées en transport en commun en site propre devront être mises en œuvre concurremment à tout prolongement d'autoroute.

Le projet actuel consiste à :

- *Construire une autoroute sur 9,1 kilomètres entre l'Autoroute 40 et l'Autoroute 440;*
- *Compléter les voies de desserte sur l'Île de Montréal;*
- *Construire les étagements et les échangeurs nécessaires;*
- *Construire un pont enjambant la rivière des Prairies;*
- *Construire un lien de transport en commun en site propre intégré à l'autoroute qui permettra une desserte intégrée en transport en commun jusqu'aux stations de métro Anjou et Radisson.*

Un lien de transport en commun en site propre devra être défini dans le corridor de l'autoroute et le coût précis de l'ensemble du projet devra être réévalué en raison des aménagements qui seront alors nécessaires aux principaux échangeurs...»

«... La réalisation de ce projet dont le financement n'est pas défini pourra être devancée en fonction d'une proposition de partenariat public-privé. »

La configuration initiale du projet est la suivante : il s'étend entre l'échangeur A-440/A-25/avenue Marcel Villeneuve à Laval et l'échangeur du boulevard Henri-Bourassa à Montréal. D'une longueur de 7,2 km, l'autoroute est de type rural à Laval et de type urbain sur l'Île de Montréal, avec chemins de desserte de part et d'autre des voies rapides. Un pont de 1,16 km relie les segments de l'autoroute situés de part et d'autre de la rivière des Prairies. Planifié dans une emprise de 90 mètres, l'autoroute possède 6 voies de circulation sur deux chaussées séparées avec échangeurs et étagement des carrefours. De plus, le projet intègre des mesures préférentielles pour le transport collectif. Le projet comporte un système de péage et doit être réalisé en partenariat public-privé. Sa mise en service était initialement prévue pour l'an 2004.

Depuis le début de cette étude, le Bureau de mise en œuvre du partenariat public-privé considère cinq configurations alternatives à ce scénario de base, afin d'évaluer l'incidence de l'aménagement physique du lien sur les achalandages et revenus qui en découlent.

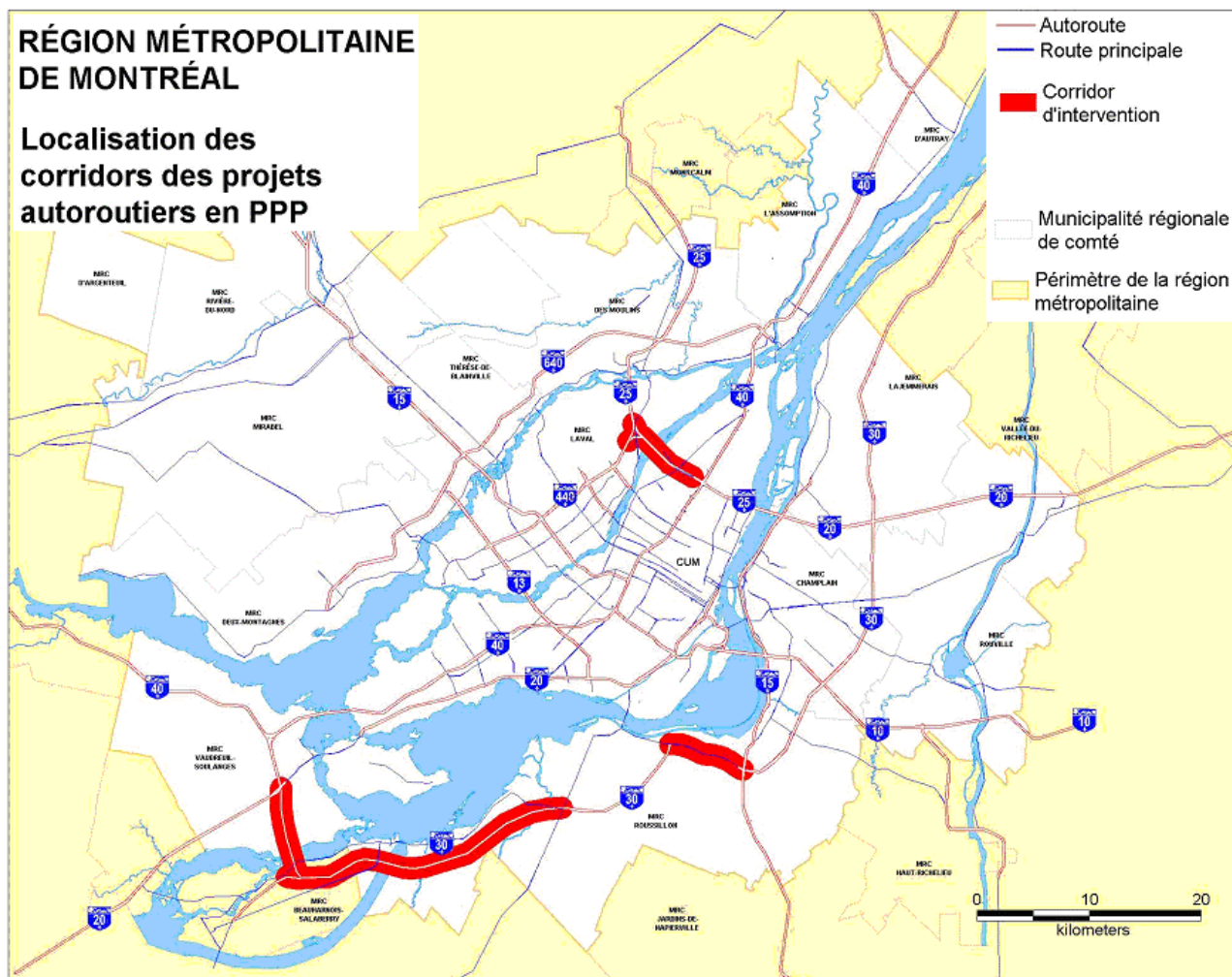


Figure 1 – Corridors d'intervention, A-25 et A-30

Sommairement, ces autres scénarios par rapport au concept original se caractérisent par les éléments suivants :

- Variante B : concept original sauf que le nombre de voies par direction sur l'autoroute passe de 3 à 2 sur toute sa longueur;
- Variante C : concept original sur l'île de Laval et pour le pont; sur l'île de Montréal, les voies de service de part et d'autre de l'autoroute sont remplacées par un seul lien bidirectionnel situé en rive du côté est de l'autoroute (à l'emplacement actuel du boulevard Louis-H. Lafontaine);
- Variante D : même configuration que le scénario précédent, sauf que l'autoroute comporte deux voies par direction au lieu de trois;
- Variante E : cette variante reprend intégralement le concept de base du côté de Laval et pour le pont; cependant, du côté de Montréal,

l'autoroute et ses voies de service sont remplacées par une artère urbaine comportant trois voies de circulation par direction, des intersections à niveau avec feux de circulation et des voies de pour accommoder les virages à gauche et à droite;

- Variante F : cette variante reprend le concept de base, à l'exception de l'ouvrage de franchissement de la rivière , qui est remplacé par un tunnel.

Tout comme le concept de base, les variantes prévoient toutes des mesures prioritaires pour la circulation des véhicules de transport en commun.

2.2.2 Études et rapports réalisés à ce jour

En 1999, le projet a fait l'objet d'une étude de modélisation¹ dont l'objectif était l'évaluation sommaire des achalandages et revenus bruts advenant la mise à péage du parachèvement de l'Autoroute 25 entre Montréal et Laval. Les hypothèses relatives à la valeur du temps et à la grille tarifaire n'étaient pas appuyées par des études spécifiques préalables, mais reproduisaient plutôt les paramètres propres à l'exploitation de la nouvelle Autoroute 407, à Toronto.

La période d'analyse simulée était de 25 ans, de 1991 à 2016; les catégories d'utilisateurs considérées incluaient les véhicules particuliers, les camions porteurs et les camions remorques. Les achalandages et revenus ont été calculés sommairement en factorisant les résultats d'affectation de la demande en période de pointe du matin pour obtenir des valeurs de DJMA et des revenus bruts annuels (en tenant compte d'escomptes tarifaires en dehors des heures de pointe). L'exercice a permis de dégager des ordres de grandeurs quant aux débits de véhicules qui pourraient utiliser le nouvel axe et les recettes correspondantes.

Cette étude a été actualisée en février 2001² en utilisant cette fois-ci la configuration détaillée du tracé et des échangeurs tel que proposée dans le nouveau projet, ainsi que les matrices de demande résultant de l'enquête O-D régionale la plus récente (1998) et d'un nouvel exercice de projection de la demande en transport à l'horizon 2021, la période d'analyse demeurant de 25 ans. L'étude explore la sensibilité des achalandages face à la tarification, ainsi que les revenus potentiels au cours de cette période avec un tarif de base constant.

Un rapport de justification de projet pour ce prolongement autoroutier a été présenté en avril 2001 au ministre de l'Environnement³.

¹ Babin A., Tremblay P., Évaluation d'un scénario de péage pour le prolongement à Laval de l'Autoroute 25, Service de la modélisation des systèmes de transport, Ministère des transports du Québec, présentation PowerPoint, juillet 1999.

² Babin A., Tremblay P., Évaluation des scénarios de péage pour le prolongement de l'Autoroute 25 à Laval, Service de la modélisation des systèmes de transport, présentation PowerPoint, février 2001.

³ Venne Jacques, Prolongement de l'Autoroute 25 entre l'autoroute 440 et le boulevard Henri-Bourassa – Laval-Montréal, Étude d'impact sur l'environnement déposée au ministre de l'Environnement –

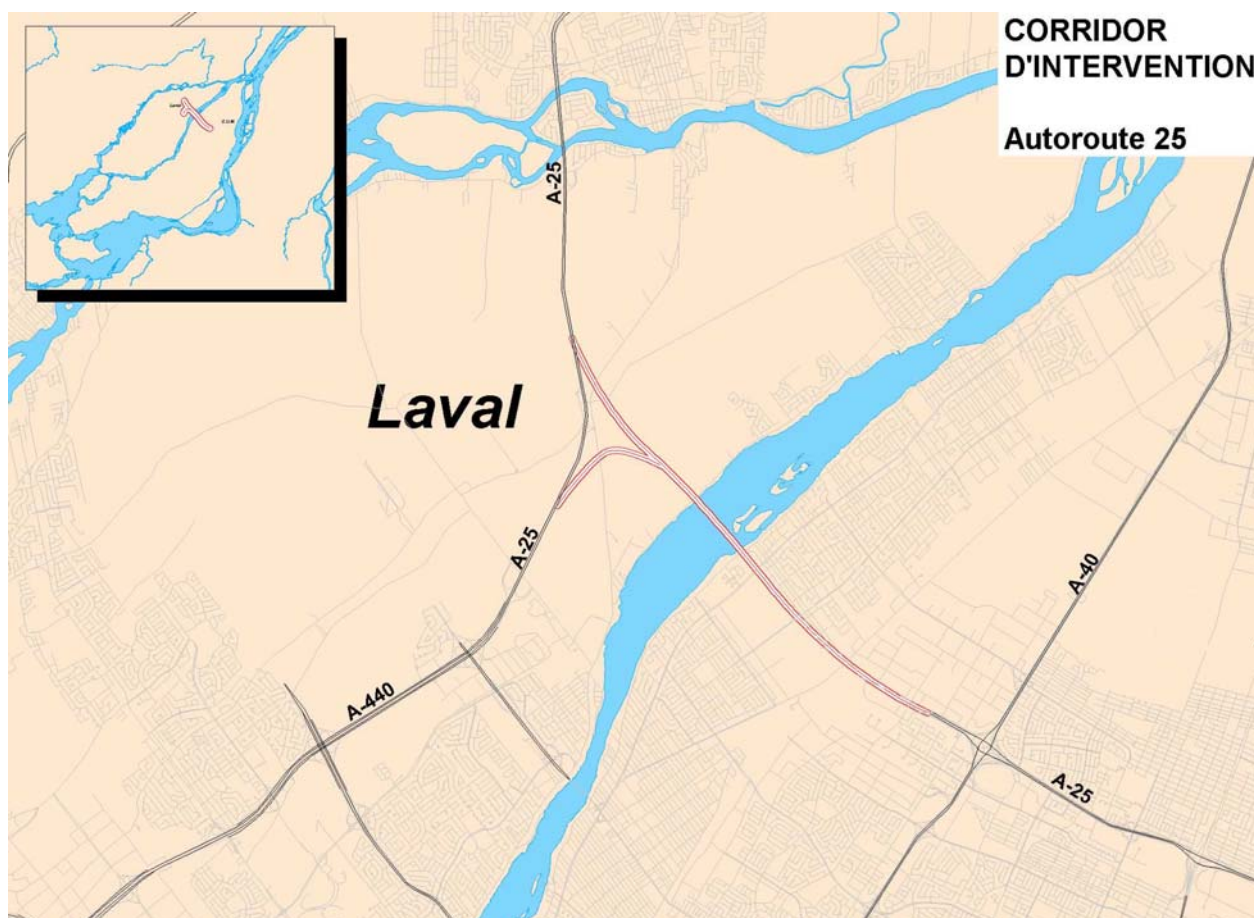


Figure 2 – Corridors d'intervention, A-25

Ce document décrit les objectifs du projet, ses caractéristiques géométriques, les conditions ambiantes de circulation dans le corridor d'intervention proposé et les problèmes de transport routier associés, les projections de circulation en 2006 et 2016, et enfin les impacts anticipés sur la circulation en périphérie du prolongement de l'autoroute. L'analyse des impacts sur la circulation montre clairement à l'aide de plans et figures non seulement l'incidence de la mise en service du prolongement autoroutier, mais aussi l'effet dissuasif du péage. Les hypothèses de valeur du temps pour réaliser les simulations avec péage sont présentées au tableau suivant.

Les hypothèses de valeur du temps pour réaliser les simulations avec péage sont présentées au tableau suivant.

Tableau 1 – Hypothèse de valeur du temps

Type de véhicule	Valeur du temps en \$/heure
Automobile (tous motifs confondus)	10
Camion léger	20
Camion lourd	30

Une hypothèse de travail est posée à l'effet que la tarif unitaire de péage (tarif de base) se-rait majoré de 100% pour les camions porteurs (mono-châssis) et de 200% pour les camions lourds et semi-remorque. Une hypothèse additionnelle est toutefois faite concernant les camions lourds : on estime qu'ils utiliseront le nouveau corridor dès lors que le nouvel itinéraire leur permet de réduire leur temps de déplacement, ceci sans égard au tarif imposé, en considérant que ce tarif reste marginal par rapport à la valeur combinée de leur temps et de la marchandise transportée.

Le **Tableau 2** ci-dessous résume les DJMA moyens anticipés sur le pont suivant l'année et le tarif de base considérés. Le DJMA est évalué sur la base des informations suivantes : le débit de la période de pointe du matin représente 20,6% du débit du jour moyen ouvrable ; les débits du jour moyen ouvrable d'automne équivalent à 105% du débit journalier moyen annuel. Enfin, le tarif en période creuse est réduit de 50%. Aucune hypothèse n'a été faite sur le mode de perception, et le péage a été représenté par un coût fixe au passage du pont. Un péage à type ouvert serait utilisé, à la hauteur du pont, dans les deux directions.

Tableau 2 – DJMA anticipés en fonction du tarif

Tarif de base (\$)	DJMA sur le pont		
	1998	2006	2016
Aucun	94 000	108 000	113 000
1	47 000	68 000	78 000
2	15 000	32 000	42 000

Des simulations ont été réalisées pour l'année de base 1993 et les horizons 2006, 2011 et 2016 avec le modèle de transport de la région de Montréal, sous EMMÉ/2, pour la période de pointe du matin (6h00 à 9h00) d'un jour ouvrable d'automne. Six tarifs de base ont été testés entre 0 et 2,50\$ pour les automobilistes, avec un tarif doublé pour les camions porteurs et triplé pour les camions remorques. Un tarif escompté de 50% en dehors des heures de pointe (*congestion pricing*) a également été considéré. La valeur du temps a été établie à trois niveaux différents: 10\$ de l'heure pour les automobilistes, 20\$ de l'heure pour les camions porteurs et 30\$ de l'heure pour les camions remorques.

Les résultats de simulation démontrent qu'en période de pointe du matin, il y aurait eu, en 1993, une demande de plus de 16 300 véhicules dans les deux directions, et qu'en 2016, cette demande atteindrait plus de 23 300 véhicules. Une annualisation de ces résultats a été effectuée suivant une approche sommaire selon laquelle la demande journalière moyenne annuelle (DJMA), en 1993, aurait été d'environ 75 700 véhicules et qu'elle passerait à près de 108 000 véhicules à l'horizon 2016.

2.3 Parachèvement de l'Autoroute 30

3 Revue des données et des outils existants

Plusieurs rencontres avec le personnel du MTQ auprès de qui le fournisseur agira à titre de partenaire et de conseiller durant le Volet 2 des projets de partenariat public-privé (PPP) ont été complétées durant les quatre premiers mois de ce mandat, assurant ainsi une coordination et une compréhension approfondie des objectifs des projets de PPP. La rencontre de démarrage avec le comité ministériel et une rencontre subséquente avec le comité technique ont eu lieu au mois de janvier 2002. Ces rencontres furent suivies d'une séance de travail de deux jours au SMST (Service de la Modélisation des Systèmes de Transport) au début du mois de février et d'une autre série de séances de travail avec les spécialistes d'enquêtes de préférences déclarées et de modélisation au début mars. Finalement, durant la deuxième semaine du mois d'avril, trois groupes de spécialistes (technologies des péages, modélisation et transfert modal et enquêtes de préférences déclarées) ont participé à des séances de travail et présenté le programme d'enquête de préférences déclarées au comité technique.

Les rencontres avec le personnel du SMST ont permis d'évaluer les méthodologies utilisées au MTQ par rapport à ce qui se fait ailleurs dans le même domaine. La vaste expérience de PB Consult en Amérique du Nord permet d'affirmer que la méthodologie et les fondements de base des procédures de prévision de la demande des déplacements mis en œuvre au SMST représentent le meilleur de l'état de l'art dans le domaine (*best practice*)¹. Il y a d'ailleurs des éléments clés des systèmes de modélisation qui peuvent être décrits comme avant-gardistes (*advanced practice*). La disponibilité d'une enquête-personnes récente et « robuste » (5% d'échantillon régional) permet au SMST de construire un système de modélisation qui tient compte des activités et des chaînes de déplacements au niveau des ménages et élimine le besoin de formuler des motifs de déplacements artificiels et des composantes de modélisation qui sont synthétisées dans les systèmes classiques de modèles agrégés à quatre étapes.

Le système de modélisation considère de façon rigoureuse les conséquences des changements de la composition des ménages dans le temps (modèle de prévision de la demande) et utilise des concepts mathématiques basés sur des points de pivot pour refléter le comportement des usagers face aux changements dans les réseaux de transport (modèle de transfert modal incrémentiel).

Les ressources disponibles au SMST tant humaines qu'informatiques sont largement supérieures à la moyenne de ce que l'on retrouve dans des organismes de planification métropolitains (MPO)² en Amérique du nord. Ceci est dû en partie au mandat

¹ Par convention pour ce rapport, les termes en anglais seront souvent entre parenthèse et toujours en caractères italiques.

² Les Metropolitan Planning Organisation (MPO) regroupent en général quelques « County » ou comtés américains, tels SCAG-Southern California Association of Governments, MTC-Metropolitan

provincial du SMST, qui couvre en particulier le transport urbain des agglomérations de Montréal, Québec, Hull-Ottawa, Sherbrooke et Trois-Rivières ainsi que le transport de marchandises à l'échelle provinciale.

Le profil type des besoins en ressources humaines d'un MPO, tel que dressé par MM Bill Davidson et Jim Ryan dans leur cours du *NTI (National Transit Institute)*¹ recommande une équipe de cinq personnes à temps plein ayant respectivement les tâches suivantes :

- Analyste en collecte de données et statistiques;
- Analyste des banques de données (géomatique) des réseaux de transport;
- Analyste-expert dans l'application de modèles et de logiciels spécialisés;
- Analyste-expert en développement de modèles;
- Analyste des performances et du contrôle de la qualité.

Le SMST se compare avantageusement à cette moyenne théorique alors qu'une vingtaine de professionnels y travaillent, souvent dans plus d'une des champs présentés ci-dessus.

3.1 Le MOTREM

Le SMST dispose d'un appareillage de modélisation des transports urbains, développé depuis la fin des années 1970, d'abord sur plate-forme UTPS et ensuite sous les logiciels EMME/2 (actuellement en version 9.2) et MADITUC. Le modèle ainsi développé pour la région de Montréal est appelé «MOTREM» (**MO**dèle de **T**ransport de la **RÉ**gion de **M**ontréal). Ce modèle régional, de type statique, est continuellement révisé et bonifié, selon un cycle qui épouse celui de la production des nouvelles Enquêtes Origine-Destination 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 disponible pour la présente étude.

Le MOTREM-98 n'est pas une application stricte 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 4** à la page suivante résume les principales composantes et le fonctionnement général du MOTREM. Il s'appuie entre autre sur l'envergure des enquêtes O-D réalisées dans la

Transportation Commission qui regroupe les 9 comtés autour de la baie de San Francisco, ou encore *CATS-Chicago Area Transportation Study*.

¹ Multimodal Travel Demand Forecasting, Courne FP210, sponsored by the Travel model Improvement Program (TMIP), presented by PB Consult, National Transit Institute (NTI) and the Federal Transit Administration (FTA). 2002

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 (expansion) des données d'Enquête O-D, le réseau et le système zonal agissant comme mécanismes d'agrégation des données pour les rendre statistiquement exploitables.

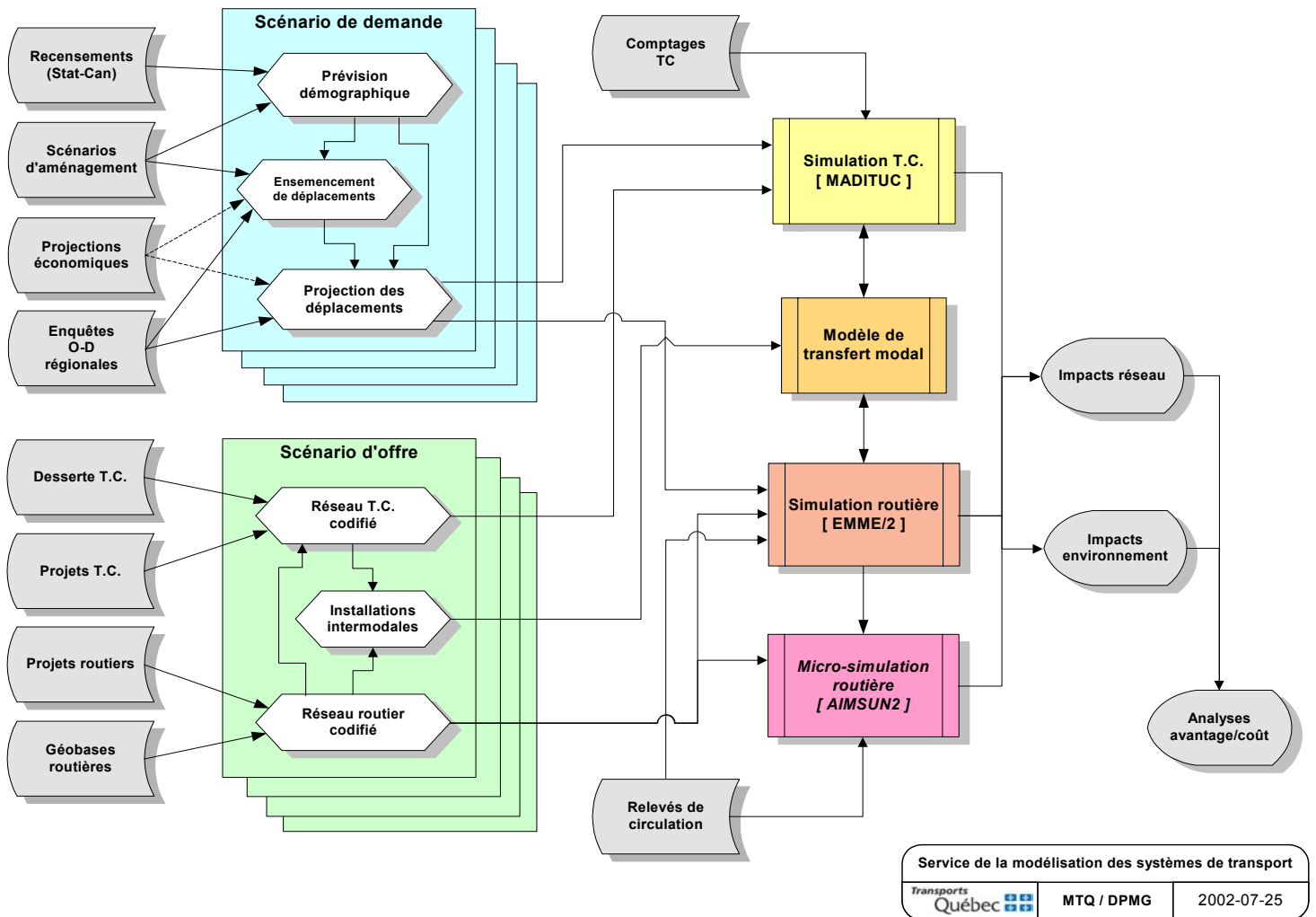


Figure 4 – Structure générale du MOTREM

3.1.1 La demande de transport

La prévision des déplacements de personnes est réalisée à l'aide d'un modèle exploitant de façon désagrégée l'information disponible dans les enquêtes O-D, en relation à une projection démographique réalisée à l'échelle infra-municipale. Le dernier cycle de projection de la demande en transport réalisé pour la région de Montréal est basé sur une projection tendancielle de la démographie¹ et des indices de mobilité (voir la Section 3.4 pour plus de détails).

Les matrices de demande pour les déplacements de camions sont construites à l'aide d'une méthode d'ajustement sur les comptages, basée sur les patrons de flux observés à travers différentes enquêtes O-D sur le camionnage. La plus récente de celles-ci, réalisée sous l'égide du CCATM² à l'automne 1999, sera mise à contribution dans l'étude pour bonifier la représentation des déplacements interurbains.

3.1.2 L'offre de transport

Les réseaux routier et de transport collectifs sont traités de la manière suivante :

- 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. Le réseau est modélisé à travers un découpage territorial en 1420 zones, représentant un territoire de 4.100 km². Le réseau comporte 13.000 nœuds réguliers et plus de 31.000 liens directionnels.
- 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 MADITUC de façon intrinsèque à l'Enquête O-D 1998, afin de permettre la validation des itinéraires observés. 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.
- Les installations permettant les échanges intermodaux (stationnements 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.
- Les réseaux de transport (routier et collectif) projetés en fonction des orientations du Plan de gestion des déplacements de la région de Montréal existent déjà sous codification MapInfo et EMME/2 pour les horizons 2001, 2006, 2011, 2016 et 2021.

¹ Basée sur les données démographiques sommaires du recensement de 2001 de Statistique Canada.

² Conseil canadien des administrateurs en transports, 1999 National Roadside Study Project Report, 30 octobre 2001

3.1.3 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 O-D sont équivalents.
- Le modèle est actuellement calibré pour la période de pointe du matin (6h00 à 9h00) d'un jour ouvrable type d'automne 1998, correspondant à l'affectation d'environ 880.000 déplacements auto-conducteur. Une convergence acceptable de la solution est obtenue après 40 itérations.
- Les fonctions volume-délai (régissant le temps de parcours sur les liens du réseau routier suivant leur capacité respective et le volume de véhicule qui les emprunte) sont classées selon deux dimensions, soit une classification hiérarchique fonctionnelle de la route et une caractérisation du niveau d'interférence ambiant, correspondant aux conditions dynamiques dans lesquelles elle s'inscrit.
- Le modèle tient compte de la présence des camions sur le réseau. La génération du nombre de camions circulant 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.
- Enfin, 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 et d'une distribution basée sur une fonction de désutilité de type gravitationnel.

3.1.4 Modèle d'affectation transport en commun

Le modèle d'affectation du transport collectif utilisé au SMST est développé sous le progiciel MADITUC et est exploité de façon totalement désagrégée, en conjonction avec les fichiers d'Enquête O-D.

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 environnement. Parmi les difficultés rencontrées à cet égard, signalons :

- l'existence de multiples organismes de transport dont les services ne sont pas intégrés;

- la complexité des structures tarifaires en place;
- l'interpénétration multiple de services à accès réservé à des segments territoriaux de marché (STL, STM, RTL, CIT, OMIT), qui génère des distorsions attribuables à l'interdiction pour un opérateur qui circule hors de son territoire de cueillir ou déposer des passagers autre part qu'au terminus qui lui est assigné;
- la concurrence de plusieurs services dans les mêmes corridors (ex.: autobus, métrobus, trains de banlieue);
- la présence de nombreux segments de voie réservés aux autobus, entraînant des vitesses commerciales non homogènes.

3.1.5 Modèle de transfert modal

Un modèle de transfert modal, 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 manipulent 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.

3.2 Résultats de l'Enquête O-D régionale de 1998

La base du modèle de prévision de demande réside dans l'Enquête O-D (téléphonique, ménage) effectuée dans la grande région de Montréal en 1998¹. Au cours de la préparation des banques de données, des informations additionnelles sont jointes aux observations de l'enquête telles que des informations sur les revenus provenant de banques de données de Statistiques Canada. Également, des informations sur l'utilisation du sol, l'emploi, etc., sont agrégées sous forme vectorielle et enfin des informations portant sur les temps de parcours et niveaux de service résultant d'affectations routières et TC sont ajoutées aux enregistrements de l'enquête. Toutefois, c'est de l'Enquête O-D elle-même qu'est tirée l'information sur la fréquence et le motif des déplacements, les modes utilisés, la période de la journée et les zones origine et destination conjointement avec les caractéristiques de chaque personne et ménage enquêtés.

¹ Enquête Origine-Destination 1998 de la région de Montréal, réalisation conjointe MTQ et AMT, STCUM, STRSM et STL

3.3 Comptages routiers et enquêtes

3.3.1 Comptages routiers

La revue des comptages démontre qu'il en existe en quantité suffisante pour la calibration des périodes de pointe et des périodes creuses. Certains éléments, en particulier les données sur les marchés commerciaux (travailleurs autonomes, véhicules de service et transport de marchandises), restent à être approfondis. Des enquêtes récentes, telles celles du CCATM (Conseil canadien des Administrateurs de Transport Motorisé, *Canadian Council of Motor Transport Administrators* [enquête camions]) ou de la DTOM (Direction Territoriale de l'Ouest de la Montérégie [enquêtes autos et camions]) sur les déplacements interurbains ont été consultées et leurs résultats seront intégrés dans l'élaboration de cette composante de la demande. Un document produit par le SMST, ci-inclus à l'**Annexe 2**, présente la méthodologie de segmentation des données de comptages. Cette segmentation, basée sur les classifications observées par période, l'utilisation du sol et le type d'infrastructure routière, se résume à quatre catégories de véhicules et cinq périodes de la journée :

Catégories de véhicules :

- véhicules légers;
- camions réguliers (aussi connus comme camions mono-châssis ou camions porteurs); et
- camions lourds (semi-remorques et trains routiers).

Périodes de la journée :

- nuit (0h-6h);
- pointe du matin (6h-9h);
- hors-pointe de jour (9h-15h30)
- pointe du soir (15h30-18h30); et
- hors-pointe du soir (18h30-24h).

Cette banque de comptages, intégrée dans l'environnement EMME/2, ne comprend que peu de données dans les deux corridors à l'étude. Les données provenant des directions régionales viendront donc compléter le « portrait », avec également une troisième source de données, provenant des enquêtes marchandises du CCATM sur les mouvements interurbains de camions. Les données des directions régionales comprennent des comptages, ainsi que des enquêtes O-D de bord de route.

3.3.2 Enquêtes O-D locales

Au cours des sept dernières années, la Direction de l'Ouest de la Montérégie a réalisé un certain nombre d'enquêtes O-D locales qui pourront être mises à profit pour l'étude de l'Autoroute 30. Le **Tableau 3** ci-dessous résume les principales caractéristiques de ces enquêtes.

Les données de comptages seront complétées par les comptages que les directions régionales effectuent régulièrement. Étant donné que chaque projet constitue en quelque sorte un maillon manquant du réseau, il y a plusieurs postes de comptages aux abords de ces corridors, ainsi que sur les routes parallèles, pour lesquels des comptages existent déjà. Également, puisque tous les postes de comptages permanents sont renouvelés aux trois ans dans chaque direction territoriale, il y aura donc des données des années 98, 99, 00 ou 01 déjà disponibles pour compléter la banque de comptages existante (les données de 99 et 00 pourraient nécessiter des ajustements pour s'aligner sur celles de 98 et sur l'Enquête O-D). Il y a également des données de comptages ponctuels, réalisées pour des projets spécifiques, qui pourraient être utilisées. Ces listes n'ont pas encore été transmises à l'équipe PB Consult. Néanmoins, des comptages supplémentaires ne seront pas nécessaires.

Tableau 3 – Enquêtes O-D locales récentes, DTOM

DATE	ROUTE	ENDROIT	DJMA	DURÉE	DIR.	JOUR	CLIENTÈLE	REMARQUE
Mai 2002	A-20	Île-Perrot	44 000	5 h 5h-10h.	Est	ouvrable	Plaques	
Mai 2002	Pont Mercier	Kahnawake et LaSalle	78 000	5 h 5h-10h.	Est	ouvrable	Plaques	
Oct. 2001	201	Grande-Ile	29 000	24 h.	Ouest	ouvrable	tous les véhicules	
Oct. 2001	A-20	Île-Perrot	44 000	≈ 20 h.	Est	ouvrable	tous les véhicules	
Sept 2001	A-40	Rigaud	16 000	24 h.	Est	ouvrable	tous les véhicules	Rapport disponible
Juin 2000	A-20	Les Cèdres	37 000	24 h.	Est	ouvrable	tous les véhicules	Rapport disponible
Juin 2000	A-20	Les Cèdres	37 000	24 h.	Est	ouvrable	tous les véhicules	Rapport disponible
Oct. 1999	132	Melocheville (tunnel)	10 800	24 h	Est, Ouest	ouvrable	camions	Pas de rapport
Oct. 1999	138	Ste-Martine	8 700	24 h.	Est, Ouest	ouvrable	camions	Pas de rapport
Nov. 1998	138	Mercier	18 000	24 h.	Ouest	ouvrable	Tous les véhicules	Pas de rapport
Oct. 1997		Pont St-Louis-de-Gonzague	1 700	24 h.	Nord, Sud	ouvrable	Tous les véhicules	Rapport disponible
Oct. 1996	132	Candiac, près A-15	49 000	24 h.	Est	ouvrable	Tous les véhicules	Rapport disponible
Oct. 1996	132	Ste-Catherine, près A-30	40 000	24 h.	Est	ouvrable	Tous les véhicules	Rapport disponible

3.4 Modèle de prévision de la demande du MTQ

3.4.1 Scénario tendancier rajusté

Le plus récent scénario prévisionnel tendancier du MTQ à l'horizon 2021, a été élaboré juin 2002, pour les déplacements des personnes¹, pour un jour moyen de semaine. La méthode prévisionnelle utilisée par le SMST ne considère aucune contrainte liée à l'offre de transport et aux variations cycliques de l'économie. Elle reflète plutôt les impacts attribuables aux tendances dites lourdes (projection démographique², statut des personnes, motorisation et évolution du niveau d'attraction des pôles d'emploi régionaux) sur la demande future de transport. Le scénario tendancier ainsi évalué vise à projeter les tendances observées dans l'enquête Origine-Destination (O-D) 1998, par bond de 5 ans jusqu' à l'horizon prévisionnel qui est 2021. Le dernier réajustement tient compte des données démographiques du recensement de 2001, d'une modification dans la méthodologie d'évaluation des déplacements pour motif *études*, pour lesquels un plancher de 95% du taux observé en 1998 a été établi (évitant ainsi une diminution trop abrupte de cette classe de déplacement suite à la reprise économique actuelle), et enfin d'un plafond de développement urbain tenant strictement compte de la réglementation actuelle du zonage urbain. La prévision démographique précédente datait de mars 2001³, tandis que la prévision des déplacements correspondante avait été produite en mai 2001⁴.

La méthode prévisionnelle utilisée est basée sur une approche désagrégée de la demande. Ainsi, chacun des déplacements de l'Enquête O-D 1998 se voit attribué un facteur d'expansion reflétant l'évolution anticipée de ses caractéristiques (population selon le lieu de domicile, âge, sexe, statut, motorisation et destination travail). Puis, les déplacements à motif travail sont redistribués spatialement entre les pôles d'emplois à l'aide d'un modèle de type Furness.

L'avantage de cette méthode réside dans l'utilisation d'hypothèses concrètes traduisant des phénomènes expliquant l'évolution de la demande en transport des personnes et ses caractéristiques, favorisant une meilleure compréhension des résultats. De plus, cette méthode a l'avantage d'intégrer des données d'enquêtes O-D sur une base désagrégée, permettant la production de matrices de déplacements par mode, motif ou autres caractéristiques pouvant être intégrées aux différents modèles d'affectation utilisés par le SMST (EMME/2 et MADITUC) pour réaliser des études de simulation routière ou de transport en commun.

¹ SMST, présentation PowerPoint du 13 juin 2002, Martin Noël et Patrick Maillard.

² Desgagnés, Pierre, Rajustement des projections démographiques du MTQ en fonction des chiffres de recensement de 2001 MTQ, 12 juin 2002, 35 pages

³ 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.

⁴ St-Pierre Brigitte, Thiffault Johanne, Déplacements des personnes dans la grande région de Montréal: Scénario prévisionnel 2021 tendancier, SMST, MTQ, mai 2001, 71 pages

Il est bon de noter que tout scénario prévisionnel doit être analysé et utilisé en fonction des limites issues des hypothèses posées ou omises et idéalement être accompagné d'un autre scénario abordant d'autres hypothèses 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.

Le **Tableau 4** ci-dessous présente quelques résultats globaux de l'exercice prévisionnel sur les déplacements tous modes, tous motifs, selon la période de la journée.

Tableau 4 – Prévisions de la demande des déplacements (scénario rajusté)

Horizon	Pointe AM	Jour	Pointe PM	Soir / nuit	24 heures	Croissance annuelle
1998	1 852 300	2 528 800	2 160 700	1 634 900	8 176 700	
2001	1 941 600	2 659 600	2 272 400	1 728 600	8 602 200	1,7%
2006	1 980 400	2 718 700	2 332 600	1 778 500	8 810 200	0,5%
2011	1 988 400	2 772 700	2 367 400	1 805 600	8 934 100	0,3%
2016	1 984 400	2 839 100	2 388 400	1 811 900	9 023 800	0,2%
2021	1 972 400	2 889 000	2 393 000	1 796 700	9 051 100	0,1%
1998-2021	120 100	360 200	232 300	161 800	874 400	0,5%
% évol. 1998-2021	6,5%	14,2%	10,8%	9,9%	10,7%	

3.4.2 Scénario de croissance économique soutenue

Ce scénario reprend les prémisses de contrôle du développement urbain contraint du scénario rajusté décrit précédemment, mais affecte la demande à la hausse en accord avec les prévisions réalisées par le Conference Board du Canada pour la région métropolitaine de Montréal¹. Ce scénario est fondé sur une hypothèse de croissance économique forte, et, de ce fait, introduirait de fortes augmentations des déplacements. Le scénario de demande correspondant n'est pas complété, mais sa construction s'articule sur les éléments suivants :

- au chapitre de la démographie, sur des hypothèses comme l'augmentation de la fertilité et un solde migratoire plus favorable pour le Québec;
- au chapitre des déplacements, sur un élargissement des cohortes de travailleurs pour combler la demande additionnelle face à l'emploi.

Les résultats définitifs d'assemblage de ce scénario de croissance seront disponible au début du mois de septembre.

¹ Le Conference Board du Canada, Projections économiques de long terme pour la région métropolitaine de recensement de Montréal 2002-2020, juin 2002, 76 pages, document préparé pour la Commission de consultation sur l'amélioration de la mobilité entre Montréal et la Rive-Sud, (à publier).

4 Améliorations proposées au MOTREM

Les améliorations au MOTREM, proposées par l'équipe PB Consult dans le cadre de ce mandat, sont présentées dans ce chapitre. Un survol de l'état de l'art dans la modélisation des routes à péage, présenté dans la section 4.1, permet de situer les pratiques courantes du SMST par rapport à ce qui se fait dans le reste du monde. Le MOTREM est ensuite présenté à nouveau dans la section 4.2, cette fois dans l'optique de ce qu'il est nécessaire de modifier afin d'obtenir de robustes prévisions d'achalandages et de revenus pour les corridors de l'A-25 et de l'A-30. Finalement, la section 4.3 présente les améliorations proposées comme telles, en particulier la simulation des chaînes de déplacements et le nouveau modèle de transfert modal.

4.1 L'état de l'art dans la modélisation des péages

Il existe une littérature abondante sur l'utilisation des routes à péage, basée à la fois sur les aspects pratiques (postes de péage existants) et théoriques (techniques d'enquête de préférences déclarées), et portant sur l'intégration des péages dans les modèles de prévision de la demande. Une liste bibliographique est présentée à la fin de l'**Annexe 1** (pages 60 et 61¹). La plupart des documents réfèrent, de façon explicite ou implicite, à l'estimation de la valeur du temps comme étant le paramètre principal de tout modèle de prévision de la demande incorporant des péages. Cette section présente une classification de la littérature sur la modélisation, selon les trois aspects principaux de modélisation énumérés ci-dessous, qui concernent le mandat à l'étude:

- La position de l'élément de simulation du choix du péage par rapport aux autres composantes de modélisation de la demande (choix modal, destination, période de la journée) au sein de la hiérarchie du modèle,
- La modélisation de différents systèmes de péage,
- Les approches et critères dans le choix du système de péage optimal.

*Le texte présenté dans cette section constitue un sommaire de l'**Annexe 1**, rédigée en langue anglaise et destinée aux lecteurs familiers avec la théorie, les concepts et la terminologie de modélisation des systèmes de transport.*

¹ Cette section fait référence à cette bibliographie en citant les auteurs entre parenthèses carrées.

4.1.1 Le choix de route à péage dans le système hiérarchique du modèle

Plusieurs projets de recherche et études sur la modélisation de routes à péage diffèrent par leur approche à ce problème. Une dizaine d'études sont présentées à la **Section 2.1 de l'Annexe 1**. Les grandes conclusions que l'on peut tirer des trois approches de modélisation des routes à péage sont résumées ci-dessous :

4.1.1.1 Affectation à coûts généralisés

La première approche de modélisation est l'utilisation d'un modèle d'affectation à l'équilibre avec fonctions d'impédance de coûts généralisés. Cette méthode simule les péages à l'aide d'estimations de la valeur du temps, et prend explicitement en compte les délais additionnels associés au ralentissement aux postes de péage [*Santos, May, Dehghan*]. Ceci est l'approche la plus simple, qui ne nécessite pas le développement, l'estimation et l'application de modèles de choix modal. Seule une estimation, ou une hypothèse, de la valeur du temps est nécessaire. Cependant, plusieurs facteurs limitatifs de cette approche doivent être pris en compte:

- Elle ne permet pas de simuler les usagers qui changent de mode, de destination, de période de la journée, de taux d'occupation du véhicule, etc. à la suite de l'imposition du péage. Les hypothèses, souvent non-réalistes, que le choix modal des usagers est insensible aux politiques de péage et ne font que modifier leur itinéraire peuvent mener à des prévisions biaisées d'achalandage des routes à péage et à sous-estimer la sensibilité potentielle du trafic de ces routes (et conséquemment des revenus) aux différentes structures de tarification.
- L'effet de réciprocité des facteurs de comportement sous-jacents (temps de déplacement, coût, variabilité, etc, par rapport aux caractéristiques de la personne et du ménage) est plus complexe que la simple relation linéaire constante des estimations de valeur du temps. Ainsi, les modèles de choix non linéaires et à plusieurs variables sont préférables à la simple conversion proportionnelle des tarifs en impédance additionnelle, habituellement mesurée en minutes de délai.
- La procédure d'affectation tout-ou-rien des algorithmes déterministes d'affectation à l'équilibre peuvent être la cause d'élasticités abruptes irréalistes du trafic utilisant les péages. Alors que l'application de procédures d'affectation stochastiques peut potentiellement offrir une solution à ce problème, l'affectation stochastique elle-même est extrêmement compliquée pour des réseaux routiers urbains et nécessite plusieurs itérations de calibration et d'ajustement. L'affectation stochastique ne fait pas partie du logiciel EMME/2, qui est couramment utilisé par le SMST. Cela nécessiterait une procédure itérative compliquée qui devrait être modélisée dans le langage macro d'EMME/2.

4.1.1.2 Choix modal binaire

La deuxième approche est l'application de modèles de choix binaires, qui considèrent le choix de la route à péage *versus* les chemins gratuits, en même temps que l'affectation à l'équilibre sur le réseau. Dans ce cas, on simule des réseaux parallèles (avec et sans péage) pour mesurer les économies de temps de parcours pour ceux qui choisissent le péage. Deux versions de cette approche peuvent être considérées:

- Le traitement des usagers non-payeurs comme étant des usagers de routes gratuites uniquement, ce qui suppose que ces usagers resteraient toujours dans ce mode, durant les mêmes périodes de la journée et ne transféreraient ni au transport en commun, ni au co-voiturage [Wilbur Smith, Vollmer Associates, Dehghani, Li, Vilain]. Alors que cette approche permet de régler les problèmes de l'affectation à coûts généralisés, mentionnés ci-dessus (la non-linéarité et la sensibilité abrupte), elle ne règle pas le problème de base de comportement des usagers, qui ont devant eux une variété d'options (changer de mode, de période de la journée, de taux d'occupation du véhicule, etc.) plutôt qu'un choix binaire entre deux routes.
- La simulation des usagers qui n'utilisent pas le péage comme une diversion d'un mode routier durant une période de la journée [Santos, May]. Dans ce cas, le modèle à choix binaire opère essentiellement comme une courbe de diversion. Ceci est une façon simplifiée de prendre en compte tous les choix possibles (changer de mode, changer de période de la journée, changer de taux d'occupation) d'une façon agrégée, sans explicitement simuler chacun de ces choix. Cependant, la fiabilité de telles courbes de diversion, hautement agrégées, est relativement basse sans une connaissance approfondie des alternatives simulées. De plus, un modèle basé sur ce principe ne sera pas sensible aux améliorations des autres modes (tel que le transport en commun).

4.1.1.3 Choix modal complet, intégrant les péages

La troisième approche considère la route à péage comme étant une composante additionnelle des modes offerts à l'utilisateur. Elle permet de tenir compte des comportements des usagers par rapport à tous les paramètres de modélisation [Yan, Mastako 2002, Ghosh, Dehghani]. Pour cette approche, les paramètres directement reliés à l'usage de la route à péage sont le mode et le taux d'occupation des véhicules particuliers. L'heure de la journée, le choix de la destination et la fréquence de déplacement pourraient avoir un impact potentiel. Cependant, la relation de ces paramètres avec l'usage de la route à péage n'est pas considérée comme étant aussi évidente que pour le mode et le taux d'occupation des véhicules.

Dans le cadre de la présente étude d'achalandages et de revenus, il est recommandé de développer un modèle de choix modal complet, intégrant les modes, le taux d'occupation des véhicules ainsi que le choix de la route à péage. Ce modèle pourrait être appliqué séparément pour chaque période de la journée, avec la structure fixe de distribution des déplacements provenant de l'enquête O-D.

4.1.2 La modélisation de différentes structures de péage

La **Section 2.2** de l'**Annexe 1** fait référence à des études traitant d'une vingtaine de structures de péage et de tarification, dont les grandes lignes sont présentées ci-dessous.

Il existe trois modèles de base pour élaborer une structure tarifaire :

- La tarification fixe par type de véhicule, qui peut être tout aussi bien s'appliquer à des cordons autour d'une ville qu'à des postes échelonnés le long d'une route;
- La tarification variable, en fonction du type de véhicule et/ou de la période de la journée et/ou de la distance parcourue;
- La tarification de la congestion, qui est établie en fonction de la vitesse ou du niveau de congestion de l'infrastructure routière (plus la route est congestionnée, plus le tarif augmente, afin de décourager les usagers et de maintenir un niveau de service élevé).

Un nouveau concept d'infrastructure à péage, la voie réservée à péage (*High Occupancy Toll, HOT lane*) permet de combiner le péage, dans sa forme de tarification de la congestion, avec des infrastructures existantes. Ce concept permet aux véhicules à occupation élevée (VOE) de circuler gratuitement sur la voie réservée à péage, mais permet également aux véhicules à occupation simple (VOS) d'acheter le passage sur cette voie. Ceci permet de maximiser l'utilisation de la route dans les cas où il y a peu de VOE. Là encore, le tarif pourrait augmenter quand des paliers de volume sont atteints, afin de maintenir des niveaux de service adéquats et favoriser les VOE.

La présence de nouvelles technologies de perception (voir les détails au Chapitre 5 du présent rapport), surtout celle du télépéage, soit la perception électronique sans arrêt, permet également de varier les stratégies tarifaires. En favorisant le télépéage, au moyen de tarifs réduits, on peut augmenter la fluidité d'une route à péage, allant même jusqu'à l'élimination des postes de perception de numéraire. Les hypothèses de pénétration du marché des transpondeurs électroniques varient d'une étude à l'autre, mais sont souvent critiques dans l'évaluation des revenus, surtout durant la période d'acclimatation (*ramp-up*) de nouvelles infrastructures à péage.

En conclusion, l'application d'un tarif fixe n'est généralement pas recommandée. La période de la journée et possiblement un taux basé sur la distance et le type de véhicule devraient être considérés dans l'analyse de sensibilité du modèle.

4.1.3 Approche et critères pour une structure de tarification optimale

La **section 2.3** de l'**Annexe 1** traite de cinq cas d'analyse des critères à retenir afin de déterminer une structure de tarification optimale. Ces critères peuvent être associés à la réduction de la congestion (impacts environnementaux), la maximisation

des revenus, ou la stabilisation du flot de véhicules à une vitesse minimale. La notion de coût social est introduite, qui pourrait être en fait une combinaison du soulagement de la congestion et de la minimisation des tarifs de péage (qui souvent va à l'inverse de la maximisation des revenus).

Dans un projet de partenariat public-privé, tous les critères énumérés ci-dessus sont importants. L'expérience démontre qu'un niveau de revenu garanti raisonnable devrait être établi afin de s'assurer de la participation du secteur privé. Par conséquent, ce critère devrait être exploré en premier lieu, par différentes analyses de sensibilité. Parmi les scénarios de revenu garanti, le meilleur devrait être choisi selon le critère de bien-être social afin de s'assurer que l'intérêt du public soit optimal.

4.2 Approche de modélisation proposée

Les outils et bases de données de modélisation actuellement utilisés au SMST ont été présentés et examinés au cours de diverses rencontres tenues à Montréal entre le SMST et PB Consult.

Les réunions techniques ont mené à une entente sur les aspects suivants concernant l'approche de modélisation:

- La structure actuelle des matrices de demande du SMST basée sur l'Enquête O-D sera conservée. Cette structure contient des observations d'enquête individuelles pondérées selon un facteur basé sur un poids spécifique à chaque type de personne et de région. Cette structure permet d'effectuer des agrégations afin de créer des matrices de demande zone-à-zone et ce pour divers modes de transport ou périodes de la journée. Il est toutefois préférable d'utiliser les données de façon désagrégée lorsque les observations permettent de connaître des attributs des individus/ménages ou d'autres informations pertinentes, à caractère géographique par exemple. Cette approche suit la tendance contemporaine de micro-simulation qui évite l'utilisation de données biaisées par de nombreuses agrégations inhérentes aux modèles de demande conventionnels. La prévision de la demande totale pour le scénario de base est effectuée par un ajustement du facteur d'expansion relié à chaque enregistrement individuel basé sur la population zonale et l'évolution des statuts d'activité et des taux de motorisation. Par conséquent, la structure des modèles de choix modal sera adaptée aux enregistrements individuels.
- Le modèle sera basé sur une approche avancée utilisant la tournée qui consiste en une chaîne de déplacements débutant et se terminant en un même endroit (à la maison ou au travail). Le concept basé sur les chaînes de déplacements est plus progressiste et s'accorde bien avec la structure d'enregistrements individuels; par conséquent le passage d'un modèle basé sur les déplacements à un autre basé sur les chaînes de déplacements est pour le MTQ plutôt naturel et plus facile que dans plusieurs autres régions. La structure principale du choix hiérarchique et la gamme d'aspects techniques abordés dans ce rapport sont similaires dans les deux cas. Afin de préparer les fondements d'une version du modèle basée sur les chaînes de déplacements, le SMST a restructuré un fichier avec des personnes-chaînes (MTL98CH) qui servira de base à l'estimation du modèle avec le fichier

d'enquête origine-destination de base (MTL98PV3). La **Section 4.3.1** traite en détail des conséquences de la modélisation des chaînes de déplacements. On peut d'ores et déjà affirmer que les données de l'Enquête O-D présentement disponibles permettent de passer à ce mode de fonctionnement en minimisant la quantité de travail supplémentaire.

- En tenant compte de la qualité et de l'envergure de l'Enquête O-D de 1998, un concept incrémental de modélisation sera adopté. Suivant ce concept, les choix modaux devraient être modélisés pour chaque enregistrement individuel en considérant le choix actuel (observé) comme source d'information non seulement pour le calage du modèle mais aussi directement dans son application. Le modèle de transfert modal actuellement développé et utilisé par le SMST est un exemple de cette approche. Toutefois la structure actuelle du modèle de transfert modal ne permet pas la généralisation pour plus de trois modes (auto, transport en commun, bi-mode) et ne permet pas d'incorporer la structure hiérarchique des dimensions de choix modal (comme le péage, par exemple).

Par conséquent l'effort de modélisation de cette étude a été formulé comme étant le développement d'une structure de modélisation de choix incrémentiel qui peut incorporer plusieurs niveaux de choix hiérarchiques avec un nombre illimité d'alternatives dans un environnement utilisant des enregistrements individuels et les chaînes de déplacement associées.

Le concept de modélisation actuellement utilisé par le SMST peut être classifié parmi les approches conventionnelles illustrées à la **Figure 5** ci-dessous. Le concept actuel est représenté par les boîtes à contour pointillé, tandis que le lettrage en caractères *italiques* montre quelles composantes seront intégrées dans le concept de modélisation proposé par PB Consult. Il s'agit d'un concept global à la fine pointe qui utilise l'enregistrement individuel de déplacement comme unité de base de modélisation dans ses applications. Ce concept est préférable à l'agrégation par groupes de population inhérente aux techniques standard de modélisation désagrégée ou à l'agrégation zonale, ce qui est le propre des modèles agrégés conventionnels. Le concept du SMST s'approche des niveaux les plus avancés de micro-simulation à la différence que les enregistrements individuels sont, dans le contexte de la micro-simulation, synthétisés plutôt que factorisés.

La structure existante du MOTREM n'a pas de composantes de génération ni de distribution des déplacements. L'Enquête O-D pondérée donne un état complet de la situation pour l'année de base. La prévision de la demande pour les horizons futurs fonctionne en adaptant les facteurs d'expansion des enregistrements de l'enquête basés sur la croissance de la population et l'emplacement prévu des centres d'emploi. Cette méthode est acceptable pour des territoires où ne sont pas appréhendés à court terme des changements démographiques importants et/ou une re-localisation marquée des emplois

L'inconvénient de cette méthodologie se situe principalement au stade du transfert modal lors de l'application des courbes de diversion agrégées. Un des objectifs poursuivis par cette étude est le remplacement de cette composante du MOTREM par un modèle de choix discret qui pourra incorporer plusieurs modes et qui pourrait éventuellement incorporer des composantes de choix de destination et d'heure de départ. Ce nouveau modèle de choix modal sera appliqué de façon incrémentielle tout

en conservant plusieurs des composantes existantes du modèle de transfert modal existant (par exemple les règles de disponibilité des modes et les seuils de transfert). Ce modèle sera appliqué de la même manière que celle en vigueur actuellement, soit par le fractionnement des facteurs d'expansion, mais pourrait également être étendue pour simuler de « nouveaux » déplacements dans un cadre de micro-simulation.

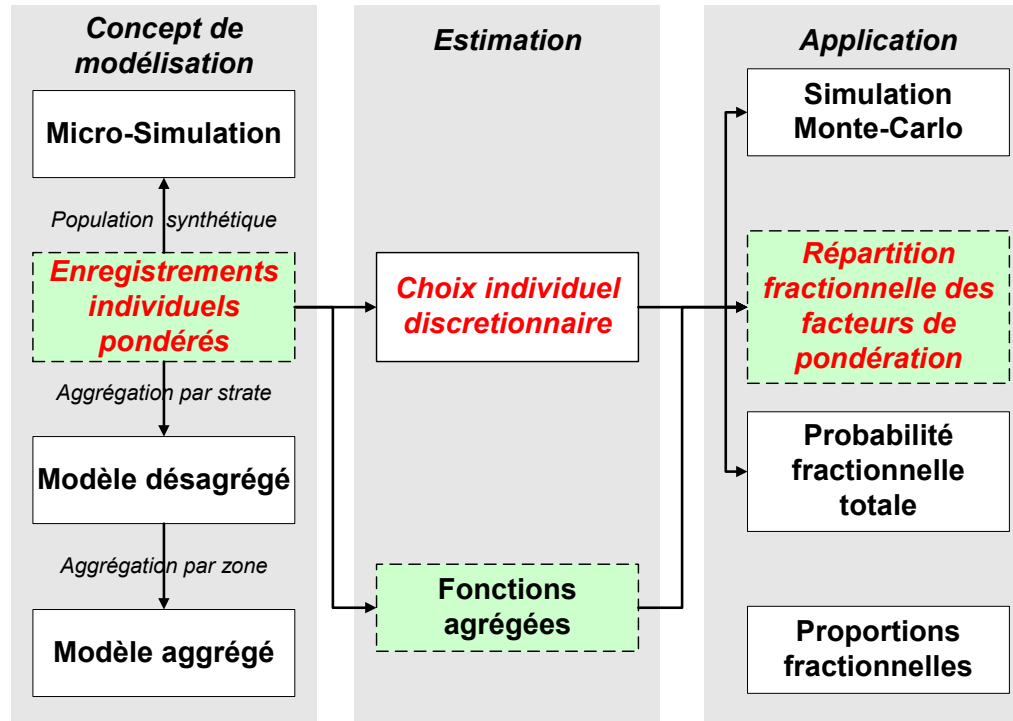


Figure 5 – Concepts de modélisation

Il est à noter que les modèles de choix modal basés sur des courbes de diversion permettent une formulation incrémentielle naturelle et efficace. Cependant l'application d'un modèle de diversion incrémentiel au niveau des enregistrements individuels donnerait en tout temps une valeur discrète (0 ou 1); le choix observé sera toujours répliqué et on n'observera jamais de transfert vers des alternatives peu importe leur niveau d'amélioration. La Section 4.2 du rapport de l'**Annexe 1** présente la solution apportée à ce problème.

Cette solution élégante et mathématiquement saine permet de construire, dans le cadre de cette étude, un modèle de transfert par paires qui correspond au modèle incrémentiel original. La structure de ce modèle de transfert (*switching model*) permet une généralisation des cas d'enregistrements individuels qui autrement ne permettrait pas d'observer des parts fractionnelles.

4.2.1 Processus de prévision de la demande

Les prévisions de demande sont basées sur une projection désagrégée de la demande à partir des fichiers d'Enquête O-D. Cette approche a été développée dans le cadre d'un projet de recherche avec le Groupe MADITUC de l'École Polytechnique de Montréal et est préférée aux méthodes classiques de génération et distribution de la demande étant donné le riche échantillon des enquêtes O-D.

Le facteur d'expansion de chaque déplacement individuel est altéré selon l'évolution anticipée des caractéristiques associées: démographie, statut d'activité et motorisation. Cette étape est ensuite suivie d'une redistribution spatiale des déplacements à motif travail (à l'aide d'un procédé de FURNESS). L'évolution démographique (selon le modèle ES-3 du MTQ), celle du statut des personnes (travailleur étudiant et autres) et du taux de motorisation selon le groupe d'âge et le sexe sont calculés et reflétés par les facteurs d'expansion aux divers horizons de chaque enregistrement individuel de l'Enquête O-D. La projection se conclue par un ultime lissage de ces facteurs en fonction de la redistribution spatiale de l'importance relative des pôles d'emploi.

Les matrices extraites à partir des nouveaux enregistrements de l'Enquête O-D reflètent seulement la demande « personnes » sur le réseau. La demande commerciale (déplacements de travailleurs autonomes durant leur activité professionnelle et transport par camion) ainsi que les déplacements exogènes des *non-résidents* (qui ont une ou l'autre extrémité ou même les deux en dehors des limites de la région du modèle) ne sont pas compris dans ce procédé. La prévision de cette demande est obtenue en parallèle en factorisant des matrices de base existantes. Ces matrices ont été construites lors d'un projet de recherche pour le MTQ¹ en ajustant des matrices d'ensemencement, obtenues à partir des données d'enquêtes O-D locales, aux comptages camions (voir l'**Annexe 2** pour le détail du procédé de segmentation des comptages routiers). Un procédé de lissage des matrices (soit une explosion des données d'origine et de destination en plusieurs paires différentes à l'intérieur d'un même axe de désir) a été appliqué pour finaliser les matrices de base des déplacements camions. Les avantages et désavantages de ce processus prévisionnel ainsi que de la structure du MOTREM sont les suivants :

Avantages

- C'est une méthode relativement simple évitant les biais et interpolations inhérentes aux modèles synthétiques. L'emphase des efforts de validation est reporté sur les projections démographiques et de répartition de l'emploi au lieu de développer des structures analytiques sophistiquées de génération et de distribution.
- C'est une méthode qui permet de conserver un lien avec la demande observée facilitant ainsi l'explication de résultats pour le public et les décideurs et permettant de vérifier les prévisions face aux déplacements observés.
- Elle permet de conserver la structure d'enregistrements individuels de la demande ce qui facilitera l'application de modèles plus avancés basés sur les chaînes de

¹ Affinement méthodologique de la modélisation sous EMME/2 de l'offre et la demande en transport des personnes dans la région de Montréal, INRO Solutions, mars 1995 à mars 1997

déplacements et la micro-simulation pour le choix modal et l'affectation. De ce fait, le MOTREM pourrait être transformé, sans trop d'efforts, en un modèle de synthèse de la population et de génération des déplacements par activité (micro-simulation, voir la **Figure 5**).

- Enfin, cette méthode permet de réaliser aisément les analyses de sensibilité de différents scénarios d'évolution démographique, d'utilisation du sol ou d'activité économique, car seuls les facteurs d'expansion doivent être ré-ajustés pendant que la structure de base de la banque de données demeure intacte.

Inconvénients

- La méthode prévisionnelle est efficace à court terme mais peut devenir problématique à long terme quand l'hypothèse de stabilité structurelle des déplacements peut s'effondrer et que les habitudes de déplacements régionaux risquent de changer. Dans ce cas précis un modèle faisant appel à une gamme de variables explicatives arrive à mieux prédire le nombre et la distribution des déplacements.
- La méthodologie ne tient pas compte de façon explicite des réseaux de transport. Ainsi seuls les choix modaux et les affectation sont sensibles aux améliorations des réseaux tandis que la fréquence et la distribution (choix de destination) des déplacements ne dépendent que des changements démographiques et demeurent constants pour tout scénario de réseau de transport. Cet aspect du modèle peut être considéré comme une approche conservatrice (sous-estimation des débits/de la demande) par rapport aux conditions et niveaux de service des réseaux futurs.
- Cette méthode n'est pas totalement sensible aux changements d'occupation du sol du côté de l'attraction des déplacements sauf dans le cas des déplacements à motif travail qui sont équilibrés par la distribution de l'emploi. Cependant les déplacements à motif autre que le travail (par exemple le magasinage) ne sont pas sensibles à des changements d'utilisation du sol (soit un nouveau centre commercial).
- Il y a aussi un problème inhérent à la façon de traiter les nouveaux développements résidentiels surtout dans les zones vides ou à utilisation du sol autre que résidentielle car le concept de facteur d'expansion ne peut être appliqué. Dans de tels cas on peut soit appliquer un modèle externe de génération et distribution des déplacements ou faire des hypothèses quant au nombre et à la destination de ces déplacements afin d'ensemencer par clonage les enregistrements manquants.

En pesant le pour et le contre de la méthodologie du MOTREM dans le contexte des études d'achalandages et de revenus autoroutiers et en tenant compte du contexte pratique de ces études on peut formuler les conclusions suivantes :

- Le processus prévisionnel existant est basé sur des hypothèses raisonnables et sur une Enquête O-D d'envergure comme sources de génération et de distribution spatiale des déplacements. Le conservatisme (sous-estimation) des prévisions et la sensibilité limitée aux améliorations des réseaux de transport peuvent être plutôt considérés comme des points positifs dans le contexte d'études d'achalandages et de revenus. Pour ces raisons PB Consult propose de conserver

la méthodologie de projection de la demande mise en place au SMST pour cette étude d'achalandages et de revenus.

- Dans un contexte plus large, à titre de consultant pour le MTQ, PB Consult recommande le futur développement d'une procédure de modélisation prévisionnelle détaillée qui comprendrait les étapes de synthétisation de la population et de génération de déplacements ou de chaînes de déplacements.

4.2.2 Modèle de transfert modal

Ce modèle est appliqué 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). Le choix modal est «révélé» par les enquêtes O-D et projeté implicitement dans le futur suivant les cohortes « âge-sexe-région »; le modèle de transfert modal vient ensuite capturer une sensibilité aux variations relatives d'impédance des alternatives modales offertes.

Ce modèle est d'une importance cruciale dans le contexte de notre étude car les routes à péage constituent pour les individus à la fois une nouvelle option de choix modal et d'itinéraires. La caractéristique du modèle de transfert modal (MTM) du SMST consiste à préserver le mode choisi à l'année de base pour tous les horizons considérés. Ainsi le MTM est appliqué de façon incrémentielle en comparant toujours la conséquence d'améliorations des réseaux de transport par rapport à la situation qui prévaut au cours de l'année de base.

PB Consult a examiné soigneusement ce modèle et propose d'y intégrer les routes à péage au niveau des étapes du choix modal et de l'affectation, ceci en accord avec l'expérience la plus récente de modélisation des péages au Canada, aux États-Unis et ailleurs dans le monde.

Le MTM existant comprend un choix trinaire entre les modes privé, public, et le mode combiné (bimodal). Au niveau des changements modaux par paire O-D (transferts), ceci représente six options :

- Transfert du mode privé vers le mode public;
- Transfert du mode public vers le mode privé;
- Transfert du mode privé vers le mode combiné;
- Transfert du mode combiné vers le mode privé;
- Transfert du mode public vers le mode combiné;
- Transfert du mode combiné vers le mode public.

Ces trois modes agrégés ne sont pas subdivisés en plus de détail. Par exemple le mode public comprend une variété de sous-modes distincts (autobus, métro, train); cependant la structure courante du MTM mènerait à d'innombrables combinaisons de changements à calibrer si les modes étaient plus détaillés. Cette limite du nombre

d'options pose un problème de taille lorsque l'on considère l'intégration au modèle du mode « route à péage ».

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

- L'utilisateur conserve son mode de transport actuel ;
- L'utilisateur passe de son mode actuel vers la première option offerte (ex. : de privé vers public);
- L'utilisateur passe de son mode actuel vers la seconde option offerte (ex. : de privé vers combiné).

Dans le MTM tel qu'il existe, seule une des alternatives est considérée (suivant le meilleur temps de déplacement total). Ainsi chaque série de choix individuels est limitée à deux options, y compris le mode observé. De plus, le SMST a développé des règles d'éligibilité des modes intégrant des critères tels que : la disponibilité d'un véhicule, les seuils de temps d'accès aux modes publics, le nombre de transferts, etc.

Ces règles sont importantes dans un processus réaliste de choix modal et seront maintenues et/ou bonifiées dans la structure du nouveau MTM proposée par PB Consult.

Lorsque une série de choix modaux contient plus d'une option, la possibilité du transfert modal est considérée 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. 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, de même que le facteur d'expansion fractionné.

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 :

- Type de destination;
- Combinaison du sous-mode public;
- Mode TC principal de la combinaison;
- Zone tarifaire;
- Niveau de congestion.

En pratique les six courbes de diversion sont appliquées et une probabilité moyenne est évaluée. Cette segmentation excessive est une conséquence du choix du temps de

déplacement comme unique paramètre de description de l'attrait relatif du mode. L'avantage d'un modèle de choix discrétionnaire tel que celui que nous proposons par rapport aux courbes de diversion est qu'il permet de considérer plusieurs attributs (temps et coût de déplacement, caractéristiques socio-économiques des personnes et des ménages etc.) dans la fonction de choix de mode avec des coefficients appropriés estimés par des critères statistiques à partir des choix observés. De cette façon un nombre restreint de modèles de choix modal sont estimés (normalement en fonction de la stratification par motif) tandis que les autres attributs sont compris dans les fonctions d'utilité par mode.

Les conclusions suivantes peuvent être tirées des observations faites du MTM du SMST :

- L'élaboration de ce modèle est intéressante, en particulier l'application incrémentielle et les règles et seuils de transfert appliqués par paires qui seront conservées dans le nouveau modèle proposé par PB Consult;
- Le MTM dans sa forme courante est limité à trois modes et ne peut intégrer des paramètres de coût (tels des péages) dans ses courbes de diversion. Puisque ces limites sont insurmontables pour le déroulement de notre mandat, PB Consult propose de construire un modèle de transfert modal différent qui conserverait les éléments positifs du MTM existant et pourrait inclure ses règles de disponibilité et ses seuils tout en se libérant de ses contraintes. Le modèle proposé est décrit de façon théorique détaillée au chapitre 4 de l'**Annexe 1** et de façon sommaire à la **Section 3.3** de ce rapport.

4.2.3 Demande complémentaire

La demande de déplacement 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, des matrices de départ sont générées par mode (véhicules légers, camions porteurs et camions combinés) à partir de données sporadiques de l'Enquête O-D et d'autres enquêtes O-D locales réalisées par les directions territoriales du MTQ (voir le **Tableau 3** pour les enquêtes récentes de la DTOM). Les cellules de ces matrices sont ensuite artificiellement remplies à l'aide d'algorithmes de construction de matrices en fonction de comptages routiers observés, et ce pour chaque catégorie de véhicules considérée. Des macro-commandes EMME/2 permettent en effet de construire de telles matrices qui 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 des données d'utilisation du sol.

Pour ce qui est des projections de ces déplacements, seuls des facteurs historiques de croissance peuvent être utilisés car ces déplacements, à leur niveau le plus fin, sont agrégés en matrices zonales. Ceci empêche l'application de la méthode des facteurs d'expansion désagrégés, utilisée pour générer les matrices de déplacements de

personnes basées sur l'Enquête O-D. Lorsque la croissance globale est établie, un lissage est encore effectué pour tenir compte de l'utilisation prévue du sol.

Ces composantes de la demande demeurent les maillons faibles de la demande totale mais sont très importants dans l'optique de l'étude d'achalandages et de revenus des routes à péage. Le développement des modèles de génération tels que recommandé à la section précédente aiderait à mieux cerner la demande de camionnage mais ne solutionnerait pas le cas des déplacements exogènes. L'augmentation du territoire de l'enquête aide à mieux cerner ces derniers mais les déplacements aux abords du territoire devront toujours être estimés à partir de comptages et d'hypothèses de croissance inter-régionale.

4.3 Compléments et améliorations au MOTREM

4.3.1 La modélisation des chaînes de déplacement

L'approche de modélisation qui a finalement été retenue pour le MOTREM amélioré utilise la chaîne de déplacements (débutant et se terminant à la maison ou au travail) comme unité de déplacement plutôt que le déplacement unique. Cette approche de modélisation comporte plusieurs avantages importants pour la cohérence des choix de mode, de destination et de période de la journée pour les déplacements faisant partie d'une même chaîne. Cette approche reflète les toutes dernières tendances dans le domaine de la modélisation des déplacements pour décrire les différentes dimensions de la demande de déplacements de façon plus cohérente. Ceci comprend les relations inhérentes aux choix modaux faites par une même personne, ou par différents membres d'un même ménage, au cours d'une journée. Bien qu'en bout de ligne, les attributs des déplacements (motif, origine, destination, mode, période, chemin) soient similaires aux modèles traditionnels, la façon suivant laquelle ces déplacements sont combinés et mis en séquence durant le processus de modélisation est fondamentalement différente. En fait, le but de cette nouvelle approche de modélisation est de mieux pouvoir refléter le processus décisionnel réel des individus, en ce qui a trait à leurs décisions de déplacement, prenant en compte leurs stimuli comportementaux et les contraintes, souvent d'ordre familial, sous-jacentes.

L'exemple suivant illustre l'avantage de la nouvelle méthodologie (voir la **Figure 6**). Trois personnes ont des horaires et chaînes de déplacements différents :

- La première effectue une chaîne à motif travail et une chaîne indépendante de magasinage;
- la deuxième effectue une chaîne travail avec une sous chaîne depuis le travail pour dîner et des arrêts intermédiaires pour déposer quelqu'un en allant travailler et pour magasiner au retour du travail;
- la troisième personne effectue une chaîne d'activités ménagères avec deux arrêts à des magasins différents en plus de la destination de magasinage principale, et ensuite une chaîne supplémentaire pour le souper.

Les destinations principales qui caractérisent le motif de la chaîne (voir la **Figure 17** au chapitre 5) sont en **caractères gras** tandis que les arrêts intermédiaires sont en caractères *italiques*.

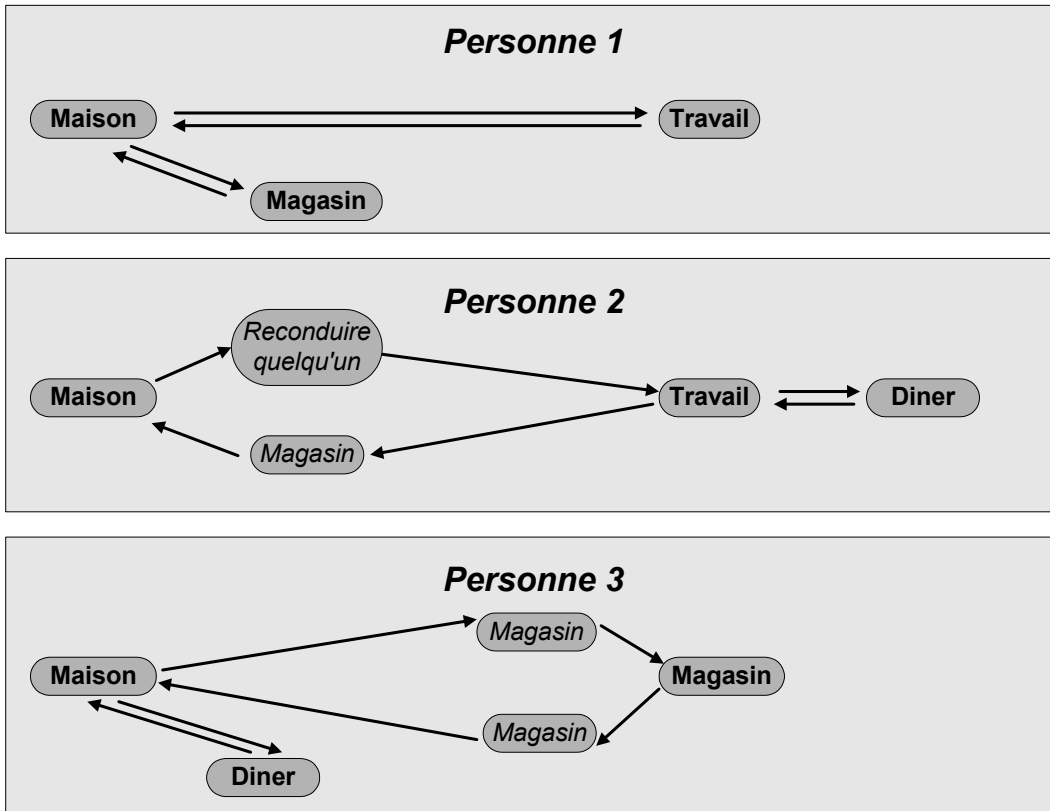


Figure 6 – Divers combinaisons de déplacements journaliers

Le Tableau 5 ci-après traduit cette figure dans la terminologie des chaînes de déplacement et ensuite dans celle des déplacements unidirectionnels. On suppose que les activités telles que le magasinage, le restaurant et l'accompagnement (reconduire ou aller chercher quelqu'un) sont classées comme étant « dites » ménagères. De plus, pour la plupart des modèles conventionnels à quatre étapes, les déplacements « hors-domicile », soit qui n'ont pas une origine ou une destination au domicile (*non-home based*), sont considérés dans une catégorie de motif séparée. Bien que les activités et déplacements sous-jacents sont exactement les mêmes pour les deux grilles terminologiques, leur description opérationnelle est différente et peut mener à des résultats de modélisation différents.

On se rend compte que, du point de vue des chaînes de déplacement, les personnes 1 et 2 ont des profils de déplacement journaliers similaires, qui gravitent autour de leur trajet vers le travail et qui peuvent être facilement modifiés, dépendant des circonstances.

Tableau 5 – Comparaison de la terminologie des chaînes et des déplacements

Individus	Chaînes	Demi-chaîne	Déplacement
Personne 1	Travail	Domicile-Travail	Domicile-Travail
		Travail-Domicile	Travail-Domicile
	Act. ménagère	Domicile-Act. ménagère	Domicile-Act. ménagère
		Act. ménagère-Domicile	Act. ménagère-Domicile
Personne 2	Travail	Domicile-Travail	Domicile-Act. ménagère
			Hors-Domicile
		Travail-Domicile	Hors-Domicile
	Au travail	Travail-Act. ménagère	Hors-Domicile
		Act. ménagère-Travail	Hors-Domicile
			Act. ménagère-Domicile
Personne 3	Act. ménagère	Domicile-Act. ménagère	Domicile-Act. ménagère
			Hors-Domicile
		Act. ménagère-Domicile	Hors-Domicile
	Act. ménagère	Domicile-Act. ménagère	Domicile-Act. ménagère
		Act. ménagère-Domicile	Act. ménagère-Domicile

Le compromis sous-jacent d'effectuer une autre chaîne depuis la maison par rapport à un arrêt intermédiaire au retour du travail est un des éléments les plus flexibles dans le cadre d'un horaire de déplacements journaliers. Les sous-chaînes «depuis le travail» et «pour reconduire quelqu'un» sont considérées comme des activités secondaires par rapport au motif principal de la chaîne. Au contraire, la personne 3 est probablement un adulte sans-emploi, qui n'effectue que des activités ménagères et est donc caractérisée par un profil d'activités distinct des deux premiers. Cependant, en comparant les profils des personnes 2 et 3 en utilisant uniquement la terminologie des déplacements, celles-ci semblent avoir des séries de déplacements identiques, soit un mélange d'activités ménagères et hors-domicile.

Les résultats de l'Enquête O-D ont été analysés dans le but d'améliorer la structure et la stratification du modèle ainsi que la préparation des banques de données. Il est bon de noter que dans l'ensemble l'Enquête O-D fournit presque toutes les variables nécessaires au raffinement du modèle de transfert modal (MTM). Plusieurs informations manquantes telles que le revenu du ménage et les tarifs de stationnement ont été imputées à partir d'autres sources d'information telles que le recensement et des estimations zonales de tarifs de stationnement.

Les motifs de déplacement représentent la classification utilisée dans l'élaboration et l'estimation du MTM. Leur importance réside dans la diversité des paramètres de valeur du temps et d'acceptation du péage pour différents motifs de déplacement. De plus, les modes privés de déplacement sont désagrégés par taux d'occupation du véhicule et les modes TC et bi-modaux sont désagrégés selon une combinaison de modes TC/accès. Chacune de ces strates de déplacements possède un nombre significatif d'observations permettant d'effectuer des estimations d'un haut degré de précision et de fiabilité statistique (normalement, un minimum de 1000 observations est nécessaire pour la stratification détaillée d'un modèle de choix modal).

Afin d'effectuer les estimations à partir du modèle basé sur les chaînes de déplacements, le format du fichier d'Enquête O-D initial a été modifié afin de refléter des chaînes de déplacements. Le Tableau 6 à la page suivante présente des caractéristiques de la banque de données de déplacements enquêtés selon le motif et le mode de déplacement; le Tableau 7 reprend la même information, regroupée toutefois en fonction des chaînes de déplacements.

Les chiffres du Tableau 6, basés sur les déplacements uniques, sont comparables, en règle générale, à ceux du Tableau 7, basés sur les chaînes de déplacements. Toutefois, quelques différences importantes doivent être soulignées. La proportion d'activités, dites obligatoires (travail/affaires ou université/école) est, de façon générale, plus forte pour les chaînes de déplacements tandis que les activités «personnelles» (santé, loisirs, visite, autres) sont souvent jointes aux activités obligatoires comme étant des arrêts secondaires dans la chaîne de déplacements. Au niveau de la taille de l'échantillon, on peut mentionner que tous les segments de déplacements ont obtenu un nombre raisonnable d'observations (plus de 1000) pour les estimations statistiques, malgré que le nombre total de chaînes de déplacements représente moins de 45% des déplacements totaux.

4.3.2 Modèle de choix modal

Tel que décrit à la **Section 4.2.2**, un des principaux développements de cette étude concerne le modèle de transfert modal. La structure détaillée de ce modèle et sa stratification font l'objet du **Chapitre 5** de ce rapport. La **Figure 7** présente la structure générale de ce modèle de type emboîté à quatre niveaux.

Le choix entre le véhicule privé et le transport en commun constitue le niveau supérieur du modèle; le deuxième niveau subdivise le mode privé entre les véhicules privés à occupation simple (VOS) et les véhicules à occupation élevée (VOE), tandis que du côté public, le mode principal (autobus, métro et train) est d'abord identifié. Le troisième niveau ne concerne que le côté public et traite des modes d'accès ou des modes complémentaires au mode TC principal. C'est à ce niveau que les bi-modaux sont captés. Enfin, le dernier niveau réalise la ségrégation entre les usagers et non-usagers des routes à péages. Cette structure pourrait encore être modifiée, dépendant de l'analyse finale des données. Elle pourrait également être bonifiée dans le futur pour intégrer le lieu de destination et l'heure de départ, à des niveaux supérieurs, au sein du processus de prise de décision régissant les déplacements.

**Tableau 6 – Caractéristiques des déplacements de l'Enquête O-D 1998
(24 heures, jour ouvrable moyen d'automne)**

Catégorie	Déplacements pondérés		Nombre d'observations
	Nombre	%	
Selon le motif:			
Travail	1 368 640	16,8%	64 801
Rendez-vous d'affaires	87 227	1,1%	4 120
Université/CEGEP	186 551	2,3%	8 197
École	624 216	7,7%	30 404
Magasinage	761 619	9,4%	34 780
Reconduire/chercher quelqu'un	453 435	5,6%	21 689
Santé/autres	315 215	3,9%	14 451
Loisirs/visite d'ami(e)s/parenté	690 436	8,5%	31 779
Sur la route	85 433	1,1%	4 173
Retour au domicile	3 563 577	43,8%	166 873
Total	8 136 349	100,0%	381 267
Selon le mode:			
Privé	5 430 006	66,7%	261 173
Public/bimodal	1 145 620	14,1%	47 865
Non-motorisé	1 104 116	13,6%	48 879
Taxi/autobus scolaire/autres	456 607	5,6%	23 350
Total	8 136 349	100,0%	381 267

**Tableau 7 – Caractéristiques des chaînes de déplacements de
l'Enquête O-D 1998
(24 heures, jour ouvrable moyen d'automne)**

Catégorie	Chaînes de déplacements pondérés		Nombre d'observations
	Nombre	%	
Selon le motif			
Travail/affaires	1 307 936	35,3%	61 853
Université/CEGEP	170 112	4,6%	7 472
École	615 403	16,6%	29 966
Magasinage	553 178	15,0%	25 157
Loisirs/visite d'ami(e)s/parenté	528 314	14,3%	24 254
Autres	487 135	13,2%	22 881
Retour au domicile ¹	38 082	1,0%	1 752
Total	3 700 160	100,0%	173 335
Selon le mode			
Privé	2 417 547	65,3%	116 499
Public/bimodal	594 856	16,1%	24 924
Non-motorisé	480 668	13,0%	21 282
Taxi/autobus scolaire/autres	207 089	5,6%	10 630
Total	3 700 160	100,0%	173 335

¹ Le retour au domicile fait normalement partie de toutes les chaînes basées depuis la maison. Dans ce cas, il s'agit de chaînes non-basées du domicile, par exemple quelqu'un dort chez un conjoint, rentre à son domicile durant la journée et retourne chez le conjoint le soir.

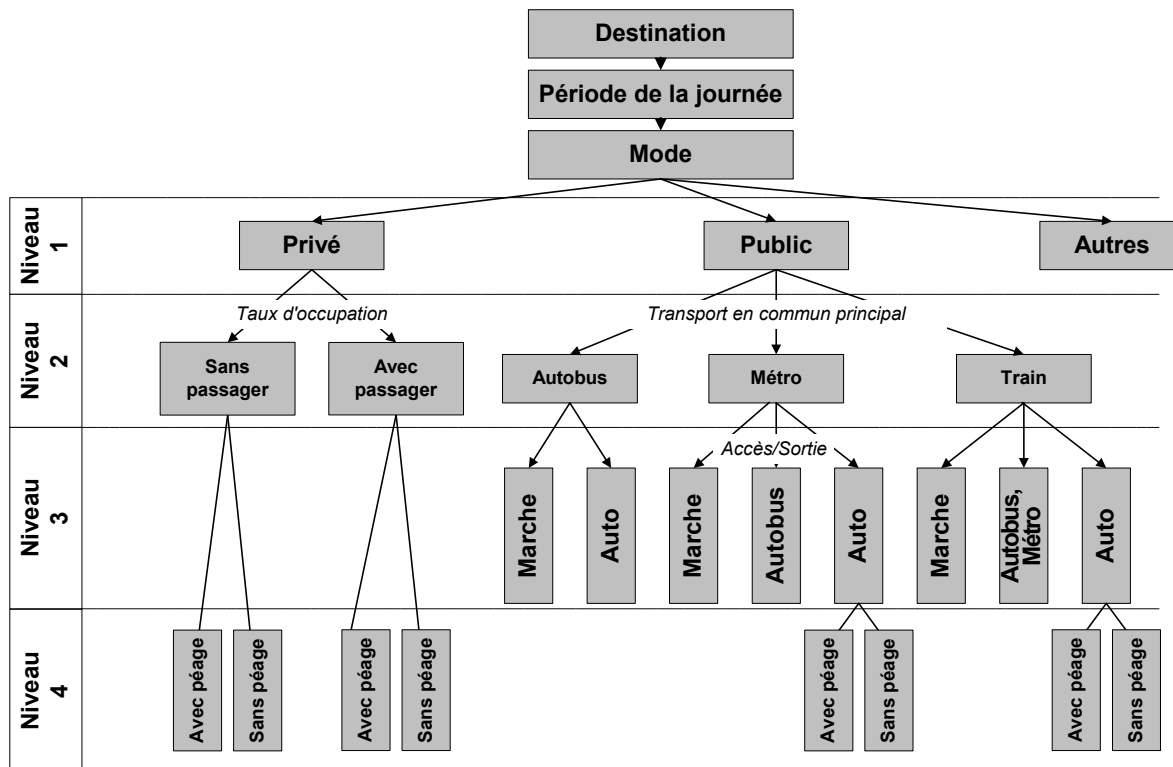


Figure 7 – Structure de choix modal emboîtée à 4 niveaux

4.3.3 Environnement de modélisation

La **Figure 8** présente le cadre d'application proposé pour les modèles de simulation des déplacements, avec les boucles logiques nécessaires pour l'obtention des temps de parcours (*skims*) par mode. Le modèle de choix modal sera écrit en langage C avec une interface automatisée traitant les données de l'Enquête O-D, ainsi que les fichiers de temps de parcours.

Le processus itératif sera vérifié à chaque boucle, à mesure que changeront les conditions sur le réseau. Les éléments temps auto (EMME/2) et temps bi-modaux (EMME/2+MADITUC) varient à mesure que les parts modales changent, jusqu'à la convergence du système (les temps TC, extraits de MADITUC, ne varient pas en fonction de la demande). Les simulations EMME/2 incluront également la demande par catégories de véhicules commerciaux et de camions qui aura été établie préalablement. Celle-ci ne variera pas au fur des itérations.

Les déplacements bi-modaux seront également évalués, à l'aide de temps de parcours construits en SAS à partir des temps déjà disponibles pour les tronçons auto et TC de chaque déplacement bi-modal. Ces déplacements seront limités à la capacité respective des stationnements incitatifs pour lesquels des trajets existeraient. Par exemple, une fois rempli sur la base d'un changement chronologique des

déplacements,, un stationnement et ses trajets correspondants ne seraient plus disponibles parmi les alternatives de déplacements bi-modaux.

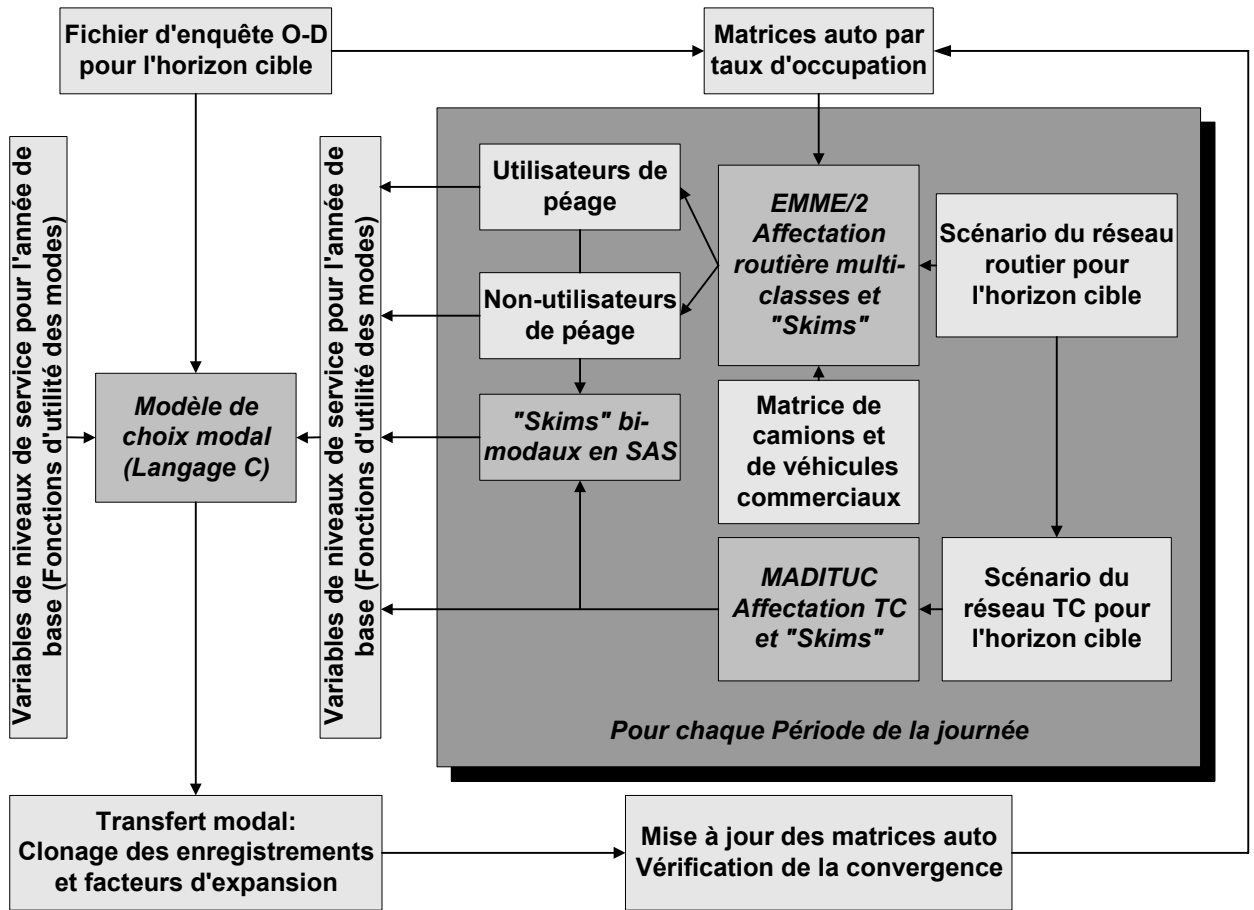


Figure 8 – Environnement de modélisation intégrée proposé

4.3.4 Calibration du modèle

La calibration des périodes hors-pointe et de pointe PM fait également partie du mandat de l'étude. Cette calibration sera bonifiée par l'analyse du modèle en chaînes de déplacements, au lieu des déplacements uni-directionnels traditionnels, ce qui permettra de faire le lien d'une période à l'autre de façon logique. Les autres périodes de la journée deviennent nécessaires afin de déterminer les revenus potentiels des divers scénarios de routes à péage.

5 Scénarios de péage

Dans le cadre de cette étude, un scénario de route à péage est constitué de trois composantes principales :

- un aménagement physique, géométrique et fonctionnel;
- un système de perception;
- une stratégie tarifaire.

L'objectif de chapitre est de présenter les scénarios de route à péage qui seront évalués au cours de la seconde étape du Volet 1 de l'étude. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de:

- Préciser la terminologie utilisée dans la description des systèmes de péage ainsi que les caractéristiques des principales technologies de perception;
- Décrire quelles sont les composantes d'un système de péage

Ce chapitre expose d'abord certains concepts de base afin d'assurer que la terminologie utilisée dans ce texte soit commune à tous les lecteurs : *tarification* et *stratégie tarifaire*, *système ouvert*, *système fermé*, *technologie de perception*, *péage fictif*.

Il présente ensuite les critères qui permettent d'orienter l'identification des variantes de scénarios de perception envisagés dans l'un et l'autre des corridors. Enfin, il présente les scénarios de route à péage retenus pour la première ronde d'évaluation pour l'A-25 et l'A-30,

Ensuite, ce chapitre énonce une série de critères qui régissent la définition des scénarios. Enfin, les scénarios de route à péage sont présentés, accompagnés de l'évaluation des coûts associés aux systèmes et technologies qui leur sont propres.

5.1 Composantes de péage

5.1.1 Terminologie et définitions

Le **péage routier** consiste à imposer un tarif d'utilisation à l'utilisateur d'une infrastructure telle qu'une autoroute, un pont ou un tunnel.

La **stratégie tarifaire** (*tolling strategy*) est tributaire des objectifs de la tarification (financement de l'infrastructure, gestion de la demande, etc.); elle définit les tarifs en fonction de paramètres tels que le type de véhicule, son taux d'occupation, la période de la journée, le jour de la semaine, etc.

Le **système de péage** (*tolling system*) d'une infrastructure à péage appartient à l'une ou l'autre des deux catégories suivantes :

- **Système ouvert** , caractérisé par la localisation des points de perception dans l'axe principal de circulation; la totalité du flot de véhicule passant au point de perception se voit imposée le tarif associé à ce point de contrôle; certains mouvements d'entrée/sortie sont susceptibles de se réaliser sans avoir à passer un point de perception, si tel est le choix du planificateur.
- **Système fermé** : caractérisé par la localisation des points de contrôle et de perception : les points de contrôle sont installés à toutes les entrées de l'infrastructure principale, et les points de perception à toutes les sorties. On perçoit auprès des usagers, à la sortie, un tarif variant généralement en fonction de la distance parcourue entre les points d'entrée et de sortie sur l'infrastructure principale.

L'utilisation de l'un ou l'autre des systèmes est conditionnée par plusieurs facteurs tels que la nature et l'envergure de l'infrastructure à péage considérée (autoroute, ouvrage de franchissement), sa localisation (milieu rural, urbain), les débits de véhicules desservis, etc. Plus de détails sur les caractéristiques, avantages et inconvénients des systèmes de perception sont présentés à la section suivante.

Les **technologies de perception** sont nombreuses et peuvent être classifiées en fonction de leurs principes de fonctionnement et leurs caractéristiques opérationnelles. La Section 5.1.2 leur est consacrée.

Le **péage fictif** (*shadow tolling*) est une forme de rémunération payée par l'État à l'opérateur en fonction du volume de véhicule utilisant l'infrastructure à péage. Bien que le péage fictif puisse servir à couvrir le manque à gagner entre les revenus réels de péage et les revenus perçus, il est généralement utilisé sans système de perception. Seul un système de comptage et de classification des véhicules est mis en place et le propriétaire-opérateur est rémunéré par l'État en fonction du volume de trafic utilisant l'infrastructure.

Quelle que soit la technologie de perception utilisée, le système de péage peut être « ouvert » ou « fermé ». Le système fermé tarifie chaque véhicule en fonction du nombre de kilomètres parcourus sur la route à péage ; le tarif est perçu soit dans l'axe principal de la route, soit sur les rampes, soit par une combinaison des deux. La **Figure 9** présente un schéma des deux systèmes, la partie rouge du indiquant le tronçon à péage, tandis que les sections en vert sont gratuites.

Le système fermé impose deux transactions par véhicule, la première à l'entrée et la seconde à la sortie. Le tarif imposé peut varier en fonction de la catégorie de véhicule. Par conséquent, des installations de péage sont nécessaires à chacun des points d'accès et de sortie.

Le système "ouvert" consiste en un poste de péage pour lequel le tarif est indépendant de la distance parcourue ou du type d'infrastructure utilisée. Ce tarif est déterminé à l'avance selon des critères de classification déjà existants.

Le choix du système à utiliser, «ouvert» ou «fermé», pour une route à péage est généralement conditionné par des facteurs tels que :

- les volumes de circulation attendu et le type d'usager (navetteur, déplacements non récurrents, etc.)
- les caractéristiques de la région desservie (rurale, urbaine, etc.)
- l'éventuelle inclusion d'une infrastructure de franchissement majeure (pont, tunnel)

Comme les systèmes "fermés" sont basés sur la distance parcourue, ils sont plus appropriés pour de longues autoroutes plutôt que pour des routes plus courtes, où dont la composante principale est un ouvrage d'art majeur.

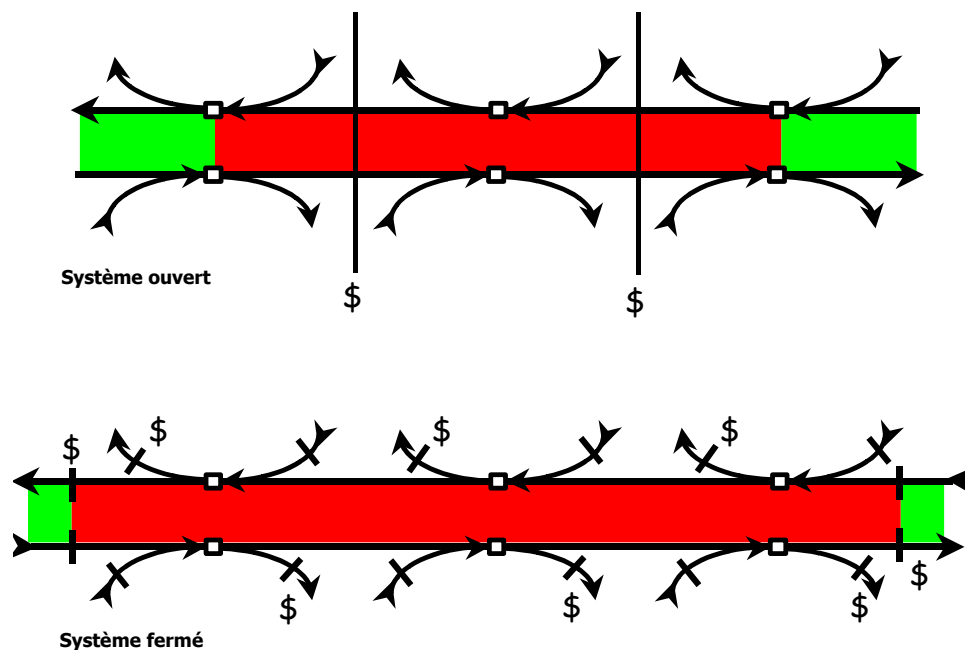


Figure 9 – Systèmes de péage ouvert et fermé

Le coût d'un système "fermé", même opéré avec un système de télépéage (c'est-à-dire où l'usager de ralenti pas, et souvent ne se rend pas compte de son passage à la station de péage), peut être considérablement plus élevé que celui d'un système «ouvert», en en terme d'équipement et d'installation et de coûts liés au développement de logiciels. L'ampleur des installations de perception des péages pour un système "fermé" peut s'avérer beaucoup plus grande que celle d'un système "ouvert", car on doit s'assurer que des tarifs équitables soient facturés aux usagers de la route selon la classification spécifique de leur véhicule et leur consommation kilométrique. Des estimations de coûts d'équipement pour les différents scénarios de perception des péages considérés dans cette étude sont présentées dans les dernières sections de ce chapitre.

5.1.2 Les technologies de perception

Le **Tableau 8** présente les différentes technologies servant à percevoir des péages. Les deux principaux facteurs à considérer dans le choix d'une technologie sont le coût d'opération et l'achalandage anticipé.

Le système de **télépéage** est la combinaison système/technologie qui possède la plus haute capacité de traitement. Avec ce type de système, il n'y a aucun arrêt aux stations de péage; la perception est effectuée électroniquement, à des vitesses normales d'autoroute, à l'aide de transpondeurs installés sur les véhicules, combinés à des systèmes vidéo pour faire respecter les péages et récupérer les délinquants. Les dispositifs sont installés sur une série de deux portiques situés à entre dix et douze mètres l'un de l'autre. Les antennes de péage électronique sont situées sur un portique et les caméras vidéo sur l'autre. La classification des véhicules s'effectue par des boucles de détection placées dans le sol de façon stratégique, ou par un détecteur optique. L'un et l'autre des systèmes permettent de reconnaître le nombre d'essieux et autorisent l'utilisation d'une grille tarifaire intégrant cette variable. Les boucles de détection installées dans le sol ont une durée de vie plus longue et requièrent moins d'entretien que le système optique de classification. En plus d'être soumis aux intempéries de l'hiver québécois, les détecteurs optiques de profil requièrent un entretien routinier nécessitant la fermeture des voies de circulation. Des détecteurs supplémentaires sont également requis pour effectuer la classification des véhicules selon le nombre d'essieux.

Le système de télépéage est toutefois désavantageux lorsqu'il y a peu de détenteurs de transpondeur. En effet, la perception des tarifs auprès des usagers sans transpondeur, par le biais de relevés photographique et de facturation classique (postale, par exemple), peut engendrer des coûts d'opération très élevés.

L'expérience démontre que les détenteurs de transpondeurs sont en majorité des navetteurs (*commuters*) ou des véhicules commerciaux. Ces usagers sont également ceux auprès de qui les tarifs sont les plus facilement perçus lorsqu'ils ne possèdent pas de transpondeur. Les autres types de perception électronique du péage (**PEP**) obligent les usagers à passer par des postes de péages, souvent sans arrêts mais parfois en ralentissant.

Une méthode telle que celle en vigueur en Australie, utilisant des **laissez-passer d'un jour** (*Day Pass*), peut compléter le télépéage, surtout pendant les premières années d'opération, où l'adhésion au système de perception électronique pourrait se révéler problématique. Avec ce système, un usager ne possédant pas de transpondeur peut faire savoir à l'exploitant de la route qu'il a utilisé ou qu'il utilisera l'autoroute à péage (par téléphone, ou par Internet, par exemple). L'usager doit fournir le numéro de la plaque d'immatriculation de son véhicule ainsi qu'un numéro de carte de crédit et un tarif approprié lui sera facturé, lui permettant un usage illimité de l'autoroute à péage pour la journée.

Ce tarif doit être au moins deux fois plus élevé que celui payé avec un transpondeur pour un aller simple. Dépendamment du type d'usager demandant un laissez-passer d'un jour, l'exploitant peut utiliser des laissez-passer pour un aller seulement, si par exemple un usager ne repasserait pas par là la journée même. Un nombre suffisant

de panneaux indicatifs doit être installé près des échangeurs et aux abords de l'autoroute afin d'encourager les usagers ne possédant pas de transpondeur à participer au programme et ainsi éviter de lourdes amendes et peut-être même des surcharges. Le laissez-passer d'un jour est principalement conçu pour les automobilistes et les camions légers.

Les systèmes de **péage fictif** (*shadow tolling*), nécessite essentiellement un système de comptage et classification des véhicules si aucun péage n'est perçu en parallèle auprès de l'utilisateur.

Toutes les autres technologies de perception impliquent un ralentissement ou un arrêt complet du véhicule aux postes de péages. Ainsi les **cartes à puces** peuvent être décelées en mouvement, mais encore faut-il être très près du lecteur et ne rouler qu'à basse vitesse. Les autres type de perception nécessitent l'arrêt complet du véhicule, ce qui serait maintenant inacceptable sur les voies principales d'une autoroute (tel qu'envisagé pour les deux projets de l'A-25 et de l'A-30). Des arrêts aux bretelles dans un système de péage fermé sont toutefois tolérables, étant donnée la basse vitesse imposée dans les bretelles et (souvent) la proximité de carrefours signalisés.

5.1.3 Poste de commande centralisé et centre de service à la clientèle

Une liste détaillée des fonctions habituelles d'un centre de service à la clientèle est fournie à l'**Annexe 3**. Voici les principales fonctions d'un tel centre:

- Manutention des transpondeurs
- Service à la clientèle
- Gestion des comptes-clients
- Contrôle par vidéo
- Traitement des cas d'infraction
- Transmission de fichiers
- Gestion des revenus/coûts et réconciliation
- Inter-opérabilité (le cas échéant)

Un centre du service à la clientèle doit être mis sur pied de façon à pouvoir ouvrir et maintenir des comptes individuels pour chaque usager. On y traite également les photos du système de contrôle des infractions (*VES, Violation Enforcement System*) pour fins de péage par vidéo ou pour effectuer des tâches reliées au contrôle des infractions. Ce système traite les photos à l'aide d'une technique de reconnaissance optique des caractères, ce qui permet d'émettre des avertissements pour les premières infractions et éventuellement de référer les délinquants récidivistes aux recours juridiques prévus à cet effet.

Tableau 8 – Comparaison des technologies de perception des péages

	TYPE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	COÛTS
SANS ARRÊT	Perception électronique des péages (PEP)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peut traiter un nombre élevé de transactions, réduisant ou éliminant la congestion liée aux activités de perception; ▪ Très convivial; ▪ Aucune manipulation/manutention de numéraire; ▪ Permet plusieurs stratégies de péage, i.e.: réduction pour certaines catégories d'usagers, tarif corporatif, gestion de la demande, etc.; ▪ Permet l'utilisation de la carte de crédit pour alimenter le compte e l'utilisateur, ce qui est le mode le plus sûr de collecte du tarif; ▪ Permet l'inter-opérabilité avec d'autres organismes de perception. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La plupart des systèmes sont hybrides pour permettre la perception des tarifs en numéraire auprès des usagers qui n'ont pas d'émetteur (transpondeur); ▪ Préoccupations relatives aux atteintes à la vie privée. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût le plus faible pour la perception; ▪ Service à la clientèle coûteux; ▪ Coûts d'immobilisation liés au développement des logiciels, les coûts de construction étant faibles; ▪ Possibilités de coûts additionnels pour les frais de cartes de crédit et le coût des émetteurs; ▪ Entretien informatique (logiciels).
	Télépéage (PEP sans arrêt)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tous les avantages du précédent, et offre le meilleur rendement au niveau du traitement des transactions. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Taux de délinquance le plus élevé; ▪ Plus fort pourcentage de péages non-perçus; ▪ Nécessite un système sophistiqué pour faire respecter les péages et récupérer des délinquants. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coûts d'immobilisation bas; ▪ Frais de perception élevé auprès de non-abonnés; ▪ Frais de perception réduits auprès des abonnés; ▪ Service à la clientèle coûteux; ▪ Possibilités de coûts additionnels pour les frais de cartes de crédit et le coût des émetteurs.
RALENTISSEMENT	Cartes à puce	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permet l'interopérabilité avec d'autres organismes de perception et de transport en commun ; ▪ Les usagers peuvent utiliser la carte à d'autres fins, tels stationnement, essence, etc. ▪ Permet le renouvellement des comptes auprès de guichets automatiques participants ; ▪ Très facile et pratique pour la tarification variable, par ex.: escomptes pour résidents, plans de tarification de la congestion et du trafic commercial ; ▪ Méthode perception sûre, pas de numéraire. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Systèmes hybrides pour accommoder les non-détenteur de carte à puce ; ▪ Préoccupations relatives aux atteintes à la vie privée ; ▪ Temps de traitement de la transaction beaucoup plus long que la PEP, car le véhicule doit être presque à l'arrêt ; ▪ La technologie n'est pas aussi avancée que la PEP ; ▪ La rareté de ce type de perception pose des problèmes d'interopérabilité avec les systèmes existants. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Malgré le coût de la centrale, les coûts de cette méthode de perception sont relativement faibles ; ▪ Coûts d'opération faibles mais coûts d'entretien relativement élevés ; ▪ Permet de jumeler les sources de revenus avec d'autres systèmes non-reliés aux péages routiers ; ▪ Frais fixes relativement bas ; ▪ Coût des cartes.

	TYPE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	COÛTS
ARRET COMPLET	Cartes à bande magnétique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Taux de productivité deux fois plus élevé que la perception manuelle ; ▪ Permet le réapprovisionnement des comptes au moyen de cartes de crédit, la méthode la plus sécuritaire de perception ; ▪ Peut accommoder la tarification variable avec de la programmation supplémentaire. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temps de traitement de la transaction beaucoup plus long que la PEP, car le véhicule doit être à l'arrêt ▪ Pas pratique pour les camions et autobus ▪ L'usure de l'équipement est plus rapide que pour les APM. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coûts moyens d'immobilisation ▪ Frais réduits de main d'œuvre ▪ Nécessite l'entretien du système informatique ▪ Frais d'opération moindres que la PEP mais les coûts d'entretien sont plus élevés
	Appareils de perception mécanique (APM) numéraire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deux fois plus productif que la perception manuelle ; ▪ Les machines ont une plus longue durée de vie ; ▪ Avec des machines qui rendent la monnaie, peuvent être utilisées sans recours à la perception manuelle. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temps de traitement de la transaction beaucoup plus long que la PEP, car le véhicule doit être à l'arrêt ; ▪ Moins dynamique pour la tarification variable ; ▪ Si les usagers n'ont pas la monnaie exacte, le temps de traitement pour faire la monnaie peut être très long ▪ Pas pratique pour les camions et autobus 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coûts moyens d'immobilisation ▪ Frais de main d'œuvre réduits, mais qui nécessitent quand même la récolte des pièces de monnaie ▪ Frais d'opération et d'entretien relativement bas
	Perception manuelle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peut traiter tous les types de clientèles ; ▪ Pas besoin d'infrastructure de comptes-client. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le plus long temps de traitement de la transaction ▪ Pas adaptée à la tarification variable ; ▪ La méthode de perception la moins sûre (manutention du numéraire); ▪ Quantité de main d'œuvre importante 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coûts d'immobilisation relativement bas ; ▪ Coûts d'opération (main d'œuvre) élevés mais coûts d'entretien minimes.

Il n'est pas possible à ce stade-ci d'estimer les coûts opérationnels du centre de service à la clientèle car ils varient en fonction du nombre et du type de transactions, du nombre de comptes et des services qui y seront offerts. Cependant, ces coûts d'opération seront évalués par PB Consult dans le cadre de l'analyse détaillée des scénarios de route à péage retenus.

La surveillance du centre de service est effectuée par un système caméras en circuit fermé qui permet de contrôler, de façon constante, toute activité à l'intérieur et à l'extérieur de l'édifice administratif, particulièrement les endroits où les transactions monétaires sont effectuées.

5.2 Aménagements physiques considérés par le MTQ dans les corridors à l'étude

Les deux corridors à l'étude sont présentés aux **Figures 3** et **4**. Le parachèvement du réseau routier primaire tant dans le corridor de l'A-25 que dans celui de l'A-30 permettra de contenir et de mieux répartir l'augmentation des volumes de circulation sur ce réseau supérieur soulageant ainsi des artères comme le boulevard Pie-IX ou l'autoroute Métropolitaine.

Les réseaux de ces deux scénarios de base sont déjà intégrés au MOTREM pour les horizons de simulation de 2001, 2006, 2011, et 2016 qui prennent en compte la réalisation de projets routiers planifiés dans le cadre du Plan de Gestion des Déplacements de la région Montréalaise (PGDM)¹.

5.2.1 Corridor de l'A-25

Tel que décrit antérieurement à la Section 2.2, outre la configuration de base présentée le rapport de justification déposé au BAPE en avril 2001, le MTQ envisage cinq variantes d'aménagement physique pour le parachèvement de l'autoroute 25 entre l'A-40 à Montréal et l'A-440 à Laval. Le scénario de base consiste à parachever l'autoroute à 6 voies sur toute la longueur du projet y compris un nouveau pont sur la rivière des Prairies (voir la **Figure 10**). Ce scénario comporterait des voies de service unidirectionnelles de part et d'autre de l'autoroute. Deux variantes de ce scénario de base sont la réduction du nombre de voies à 4 et le déplacement de toutes les voies de service du côté est de l'autoroute. La construction du tronçon montréalais en boulevard urbain à six voies et le remplacement du pont par un tunnel pour le scénario de base constituent respectivement les 5^e et 6^e variantes à l'étude. Le scénario de base comme toutes les variantes prévoit des mesures prioritaires aux autobus. Les scénarios de système de péage correspondants sont présentés à la Section 4.2 de ce rapport.

5.2.2 Corridor de l'A-30

¹ Plan de gestion des déplacements – Région métropolitaine de Montréal – Fiches techniques et cartographiques, Ministère des Transports, avril 2000, p. 29

5.3 Scénarios de péage, A-25

Le projet d'autoroute à péage proposé implique le parachèvement du réseau routier métropolitain dans sa section inachevée de l'autoroute 25 entre Laval et Montréal. Débutant au nord de l'échangeur des autoroutes 25 et 40 et de la route 125 à Laval, la section d'autoroute proposée se prolongerait dans un axe sud-est, chevaucherait la Rivière des Prairies et rejoindrait la section complétée de l'autoroute 25 à Montréal, au nord-ouest de l'autoroute 40. Sur le territoire lavallois, un échangeur est prévu à l'intersection du boulevard Lévesque et à Montréal, des voies de service parallèles aux voies à péage permettront l'accès aux boulevards Perras, Maurice-Duplessis et Henri-Bourassa. Pour une des options envisagée, la construction d'une voie réservée « réversible » pour les autobus et les taxis est proposée. Cette voie serait située au centre ou à côté de l'autoroute à péage. De plus, toute la section à péage de l'autoroute 25 sera adjacente à une ligne de transport d'électricité à haute-tension construite à la fin des années 1990.

5.3.1 Système de péage

Étant donné que la clientèle prévue dans ce corridor sera composée majoritairement de véhicules particuliers réalisant des déplacements pendulaires et, marginalement, de véhicules commerciaux, les installations de perception de péages proposées pour l'autoroute 25 devraient être développées autour d'un concept de système de péage ouvert avec télépéage. La longueur de la section de route à péage (seulement 9,3 km) ainsi que le type de route envisagé (une autoroute urbaine avec voies de service à Montréal et échangeurs rapprochés) militent également en faveur d'un système de péage ouvert.

En effet, si l'on souhaitait établir un système "fermé", il faudrait installer au moins quatre stations de péage pour capter l'ensemble du trafic passant sur le nouveau tronçon routier. Cette méthode exigerait un taux fixe au kilomètre pour tous les usagers et devrait interdire tout déplacement gratuit sur la section à péage.

5.3.2 Système de perception

5.3.2.1 Technologie

La **Figure 11** présente un exemple de PEP qui pourrait être utilisé pour la section à péage de l'A-25. Selon des estimations préliminaires d'achalandage, une seule station de péage serait nécessaire et elle serait préférablement située sur le pont de la rivière des Prairies. Un tarif fixe serait facturé à tous les usagers du pont, permettant les déplacements locaux gratuits sur le territoire de Laval. Le scénario de péage final sera déterminé lorsque les estimations d'achalandages et de revenus seront finalisées.

Si la voie réservée pour autobus et taxis est construite, il est recommandé d'utiliser le même type d'équipement de perception des péages et de contrôle des véhicules que pour les autres voies de circulation. De cette façon, un comptage précis des types de véhicules pourra être effectué en utilisant la voie réversible dans les périodes de pointe et un contrôle des cas d'infraction serait possible, le cas échéant. Un portique double serait alors utilisé afin d'installer les équipements de péage et de contrôle des infractions pour la voie réversible. Deux séries de boucles de détection seraient également nécessaires. Les équipements de contrôle et les ordinateurs seraient installés dans un abri technique situé à proximité de chaque station de péage. Les données seraient ensuite envoyées au poste de commande centralisé (PCC), dans l'édifice administratif, via un réseau de communication de fibre optique. La surveillance aux abris techniques serait assurée par un système en circuit fermé (CCTV).

5.3.2.2 Type et localisation des équipements

Le seul système de perception prévu pour le corridor de l'A-25 est le télépéage, pour la traversée de la rivière des Prairies. Ceci signifie que seul un portique sera nécessaire, préférablement situé au nord du pont, entre les bretelles du boulevard Lévesque et la structure du pont.

5.3.3 Particularité : les lignes à haute tension

Le nouveau tronçon de l'autoroute 25 sera parallèle à des lignes à haute tension sur toute sa longueur. Ces lignes de 315 kilo-Volts seraient situées à seulement 10 mètres de la bordure ouest de la chaussée et des voies de circulation sur le pont, voir la photo retouchée à la **Figure 12**. Il y a eu une certaine inquiétude concernant la proximité des lignes à haute tension, celles-ci pouvant affecter le système de perception électronique des péages.

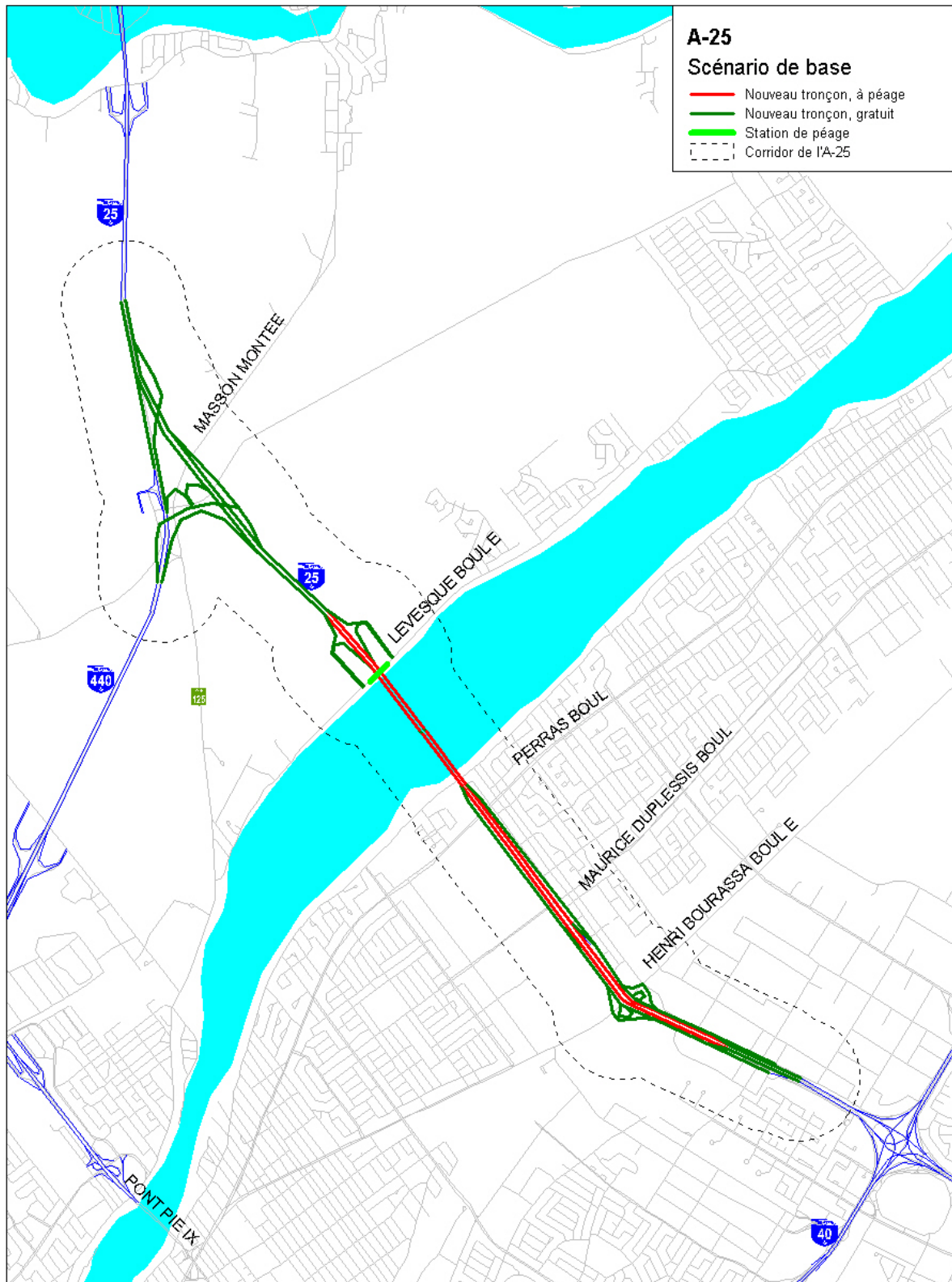


Figure 10 – Corridor de l'A-25 à l'étude

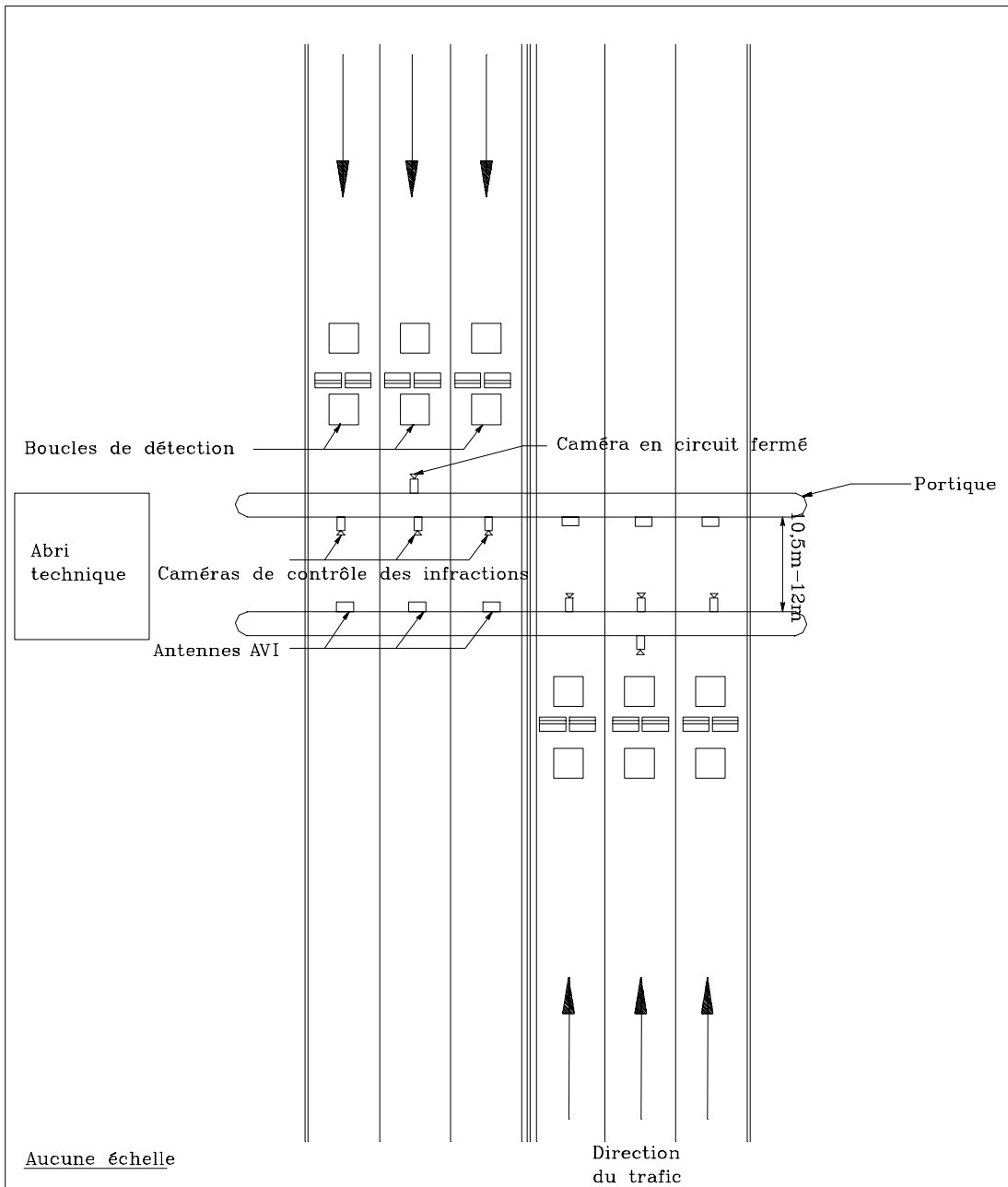


Figure 11 – Station de télépéage, A-25



Source: DT Laval-Mille-Îles

Figure 12 – Emplacement du pont par rapport à la ligne à haute tension, direction Laval-Montréal

De l'avis d'experts dans le domaine électrique, les lignes à haute tension ne devraient poser aucun problème de communication au système de PEP, moyennant certaines précautions et transformations aux lignes à haute tension. Ces mesures peuvent impliquer l'utilisation de la fibre optique pour toutes les communications du système, y compris les antennes AVI et les boucles de détection. Une mesure de précaution supplémentaire consisterait à placer les abris techniques contenant les systèmes de contrôle du côté est de la chaussée afin de les éloigner des lignes à haute tension.

5.3.4 Coûts

Les coûts d'équipement pour une station de télépéage s'élèvent à plus de 635 000\$, tel que présenté au **Tableau 9**. Ces coûts incluent l'intégration et l'installation mais ne comprennent pas ceux des portiques et de l'abri technique étant donné que celui-ci serait intégré aux coûts de construction de l'autoroute. Les coûts pour l'équipement de la voie réservée atteindraient près de 217 000\$, incluant l'installation, tel que présenté au **Tableau 10**. Tous les coûts exprimés dans ce rapport sont basés sur des prix en dollars américains, traduits en dollars canadiens au taux de 1\$US = 1,50\$ CAN.

Si un système fermé était utilisé, les coûts d'équipement seraient à eux seuls multipliés par quatre pour tenir compte des quatre stations de télépéage.

Tableau 9 – Équipements et coûts typiques d'une station de télépéage, A-25

TYPE D'ÉQUIPEMENT	COÛT UNITAIRE	QUANTITÉ	COÛT TOTAL
Appareil de contrôle des voies	15 750\$	6	94 500\$
Antennes pour le système automatique d'identification des véhicules (AVI)	6 150	6	36 900
Lecteur double pour le système AVI	34 200	1	34 200
Caméras et éclairage du système de contrôle des infractions (VES)	6 750	6	40 500
Enregistreur d'images du système VES	31 500	2	63 000
Système de boucles au sol (Smart Loops)	15 300	6	91 800
Source de courant continue (UPS)	39 150	1	39 150
Logiciel pour les appareils de contrôle des voies	40 500	1	40 500
Caméras en circuit fermé (CCTV)	4 500	5	22 500
Réseau ouvert de fibre optique	45 000	1	45 000
		Sous-total	508 050\$
Intégration de l'équipement – 5%			25 500
Installation de l'équipement – 20%			101 700
(Taux de change : 1\$US = 1,50\$CAN)		Total	635 250\$

Tableau 10 – Équipements et coûts typiques d'une voie réservée - A-25

TYPE D'ÉQUIPEMENT	COÛT UNITAIRE	QUANTITÉ	COÛT TOTAL
Appareil de contrôle des voies	15 750\$	2	31 500\$
Antennes pour le système automatique d'identification des véhicules (AVI)	6 150	2	12 300
Caméras et éclairage du système de contrôle des infractions (VES)	6 750	2	13 500
Enregistreur d'images du système VES	31 500	1	31 500
Boucles de détection (Smart Loops)	15 300	2	30 600
Caméras en circuit fermé (CCTV)	4 500	2	9 000
Réseau ouvert de fibre optique	45 000	1	45 000
		Sous-total	173 400\$
Intégration de l'équipement – 5%			8 700
Installation de l'équipement – 20%			34 800
(Taux de change : 1\$US = 1,50\$CAN)		Total	216 900\$

Les coûts globaux du système incluent l'installation du complexe informatique centralisé, du système de surveillance en circuit fermé (CCTV) et du réseau de fibre optique le long des installations. Ces coûts seraient de 1 050 000\$, le réseau de fibre optique représentant à lui seul plus de 330 000\$.

Les coûts globaux pour les composantes du complexe informatique centralisé comprennent les coûts d'équipements, la gestion des programmes, le développement informatique relié au système et aux logiciels ainsi que la documentation, incluant les

tests et la formation, et les pièces de rechange. Ces coûts s'élèveraient à près de 6 540 000\$, tel que présenté au Tableau 11.

Tableau 11 – Coûts globaux du système- A-25

TYPE D'ÉQUIPEMENT	COÛT UNITAIRE	QUANTITÉ	COÛT TOTAL
Matériel informatique pour l'ordinateur central	81 000\$	1	81 000\$
Logiciel d'application pour l'ordinateur central	56 250	1	56 250
Terminaux de l'ordinateur central	3 450	20	69 000
Imprimantes de l'ordinateur central	4 500	10	45 000
Ordinateur	123 750	1	123 750
Poste de travail	18 300	4	73 200
Communications LAN	4 050	1	4 050
Source de courant continue (UPS)	39 150	1	39 150
Système de caméras en circuit fermé (CCTV)	4 500	30	135 000
Contrôleur digital et appareil enregistreur pour le système CCTV	47 250	1	47 250
Réseau de communication de fibres	45 000	1	45 000
Fibre optique (par mille ou 1,6 km)	55 350	6	332 100
		Sous-total	1 050 750\$
Intégration de l'équipement (5%)			52 500
Installation de l'équipement (10%)			105 000
Gestion des programmes			105 000
Développement des systèmes et logiciels			2 250 000
Documentation des systèmes et opérations			450 000
Documentation des logiciels			900 000
Tests du système et documentation			480 000
Services de formation			45 000
Pièces de rechange (12% des coûts d'équipement excluant la fibre optique et les logiciels)			156 000
(Taux de change : 1\$US = 1,50\$CAN)		TOTAL	6 539 700\$

Ainsi, le coût total pour un système complet comprenant une station de télépéage serait de près de **7 200 000\$**. Pour un système fermé à quatre stations de péage, les coûts globaux reliés à la perception des péages dépasseraient les **9 250 000\$**.

Les coûts présentés dans cette section sont basés sur les prix en vigueur en 2002.

5.4 Scénarios de péage, A-30



5.5 Interopérabilité des systèmes

L'interopérabilité des systèmes de péage proposés ne présente pas de difficultés en soit. En effet, tout dépend de la technologie de télépéage et de contrôle des infractions retenue dans chacun des corridors, et cette variable ne peut être connue que de deux manières :

- Soit en imposant dans les termes de référence de l'un et l'autre des projets une technologie uniforme;
- Soit, si les projets sont réalisés en séquence, en imposant aux soumissionnaires d'utiliser la technologie utilisée dans le corridor déjà aménagé.

Pour illustrer jusqu'à quel point l'interopérabilité est faisable, il se pourrait que les deux corridors soient pris en charge par un centre de commande unique (à créer) ou un centre existant, tel que celui de l'A-407 à Toronto. Ceci permettrait de réduire les coûts d'exploitation pour tous les corridors dont l'exploitation serait jumelée. La condition requise pour assurer cette intégration serait que les ordinateurs des différents corridors soient connectés par un réseau de fibre optique (la transmission de vidéos nécessite une taille de bande passante supplémentaire). Les technologies existantes de PEP, tels que EZ-Pass dans le Midwest et sur la côte est américaine ou les transpondeurs Mark IV de la 407 à Toronto, pourront également être compatibles avec le nouveau système de télépéage.

Même si une partie des opérations peut être centralisée, nous recommandons quand même l'opération de kiosques situés près des principales stations de péage, où les usagers pourraient obtenir de l'information, faire l'achat de transpondeurs et payer leurs factures.

À ce chapitre toutefois, c'est le concessionnaire qui sera le mieux placé pour faire des propositions conformes aux attentes du concédant.

5.6 Recommandations

5.6.1 Corridor de l'A-25

Il est recommandé d'avoir un système de péage ouvert avec perception par télépéage entre le boulevard Henri-Bourassa à Montréal et l'autoroute 440 à Laval.

Celui-ci serait situé entre les échangeurs du Boulevard Lévesque à Laval et les bretelles donnant accès au boulevard Perras à Montréal. Par conséquent, seuls les déplacements effectuant la traversée de la rivière des Prairies seront soumis au péage. D'emblée on est en mesure de statuer que les revenus générés par les usagers qui n'utilisent que les tronçons de Laval ou de Montréal ne sauraient couvrir les coûts de construction, d'entretien et d'opération (CEO) de stations de télépéage supplémentaires pour capter ces déplacements.

Par surcroît, il est possible que les revenus de péage soient inférieurs aux coûts de CEO même pour le tronçon à péage. Ainsi, une stratégie additionnelle de financement (qui pourrait être en système autonome ou combinée avec le PEP), le péage fictif (*shadow tolling*), devrait être à considérer, et ce pour l'ensemble de la nouvelle infrastructure. Cette option devra être analysée en collaboration étroite avec le groupe d'analyse financière du projet.

Le système de péage fermé avec perception automatisée n'est pas considéré comme un scénario intéressant dans ce corridor. En effet, ses coûts d'acquisition, installation, opération et entretien seraient prohibitifs compte tenu de la plage de revenus anticipée.

Enfin, le système de télépéage avec perception hybride, ou manuelle, n'est pas pertinent non plus dans ce corridor, car l'espace nécessaire pour aménager des guérites n'est pas disponible et d'autre part parce que la technologie de perception utilisée va à l'encontre des objectifs visés par ce projet routier (technologie de pointe, gain de temps et réduction de la congestion).

5.6.2 Corridor de l'A-30

6 Définition des matrices de demande

6.1 Généralités

La demande future sera évaluée à partir des projections existantes de déplacements. Ces projections sont déjà intégrées aux facteurs d'expansion de l'Enquête O-D pour les personnes (voir à la **Section 2.5**) et reposent sur des données d'évolution historiques pour le trafic de marchandises. Une stratification détaillée de cette demande est essentielle, afin de différencier les comportements propres à chacune des catégories de modes, de motifs, de caractéristiques socio-économiques et par période de la journée. Ce chapitre présente la stratification proposée pour ces grandes catégories

La méthodologie proposée pour cette étude pour générer les matrices de demande par motif, mode et période de déplacement est calquée sur la pratique actuellement en vigueur au SMST pour le montage du MOTREM98. Les matrices de déplacements des véhicules seront générées à partir des résultats de l'Enquête O-D des déplacements de personnes et de marchandises à l'aide de programmes et procédures spécifiques, dont certains seront entièrement revus. Ainsi un programme en langage C va remplacer les procédures AWK avec lesquelles opère le modèle de transfert modal actuel. Des menus permettront d'identifier et de classer les simulations au besoin, ou de modifier les paramètres des fonctions d'utilité. EMME/2 et MADITUC continueront à être utilisés pour les modules d'affectation auto et TC, avec les procédures SAS qui permettent les extractions de temps de parcours pour bi-modaux. Des macros-commandes EMME/2 permettront d'automatiser le processus au stade des affectations. Le reste du MOTREM-98 ne sera pas modifié, soit la gestion des réseaux routiers et de transport en commun dans MapInfo, EMME/2 et MADITUC.

L'élément majeur qui caractérise l'approche de modélisation proposée par PB Consult est le traitement des chaînes de déplacement, par opposition au modèle actuel du SMST qui traite les déplacements de façon discrète. Le modèle basé sur les chaînes de déplacement introduit le concept du motif principal de la chaîne, qui peut comporter des déplacements au sein même de cette chaîne (maillons) qui auront d'autres sous-motifs.

6.2 Stratification par motif de déplacement

La **Figure 17** présente la stratification de la demande selon le motif de déplacement. Au premier plan, on distingue trois **catégories** majeures de motifs, elles-même subdivisées en sous-catégories :

- demande de déplacements générée par des activités dites **professionnelles**, incluant le travail et les études;

- demande de déplacement générée par des activités dites **ménagères** (*household maintenance*), comprenant le magasinage, l'accompagnement et les services;
- demande de déplacement générée par des activités **personnelles** (*discretionary*), où l'on retrouve les loisirs et les rencontres, familiales ou autres.

La stratification de la demande par motif de déplacement comporte au total huit **sous-catégories** de motifs de déplacements (quatre sous-catégories professionnelles, trois sous-catégories ménagères et aucune sous-catégorie d'activités personnelles, voir les cases en fond jaune de la **Figure 17**). Des sous-catégories de motifs encore plus désagrégées (fond vert) sont disponibles dans l'Enquête O-D ou dans l'enquête de préférences déclarées, et pourraient servir à raffiner les fonctions d'utilité des modèles de transfert modal.

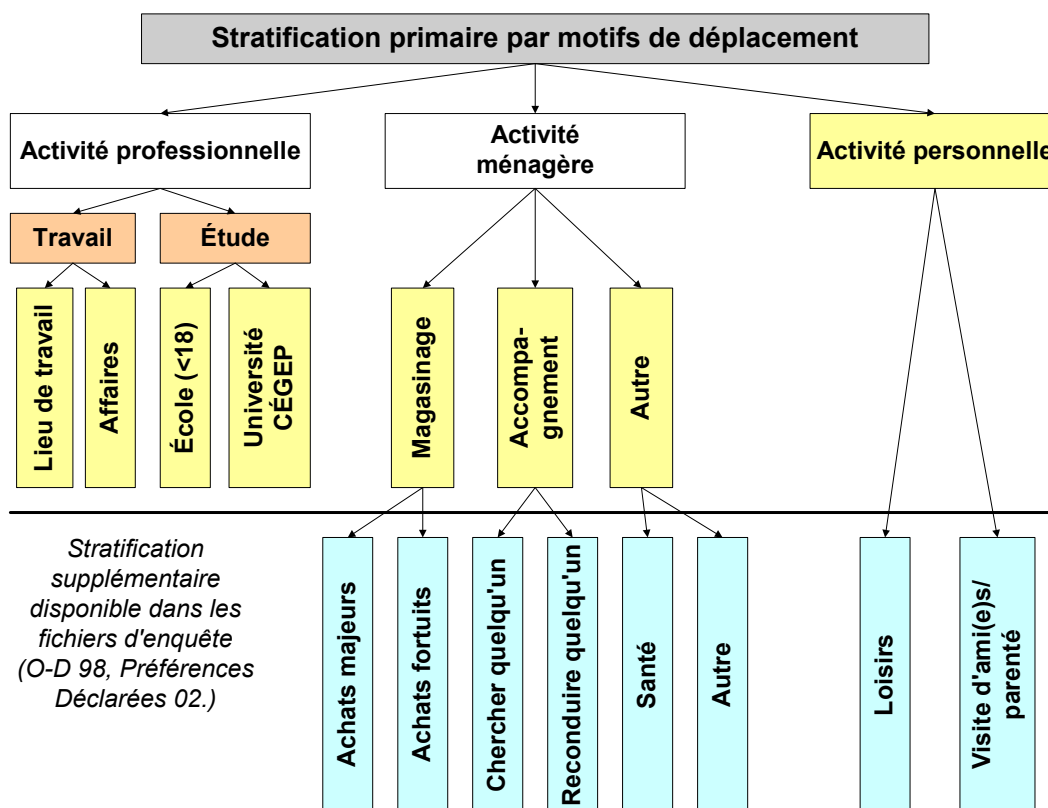


Figure 17 – Stratification de la demande selon le motif de déplacement

6.3 Stratification par mode

La structure du modèle de transfert modal propose de stratifier la demande suivant huit catégories de modes, avec une stratification établie par motif pour chacun des sous-modèles, voir la **Figure 18**. Les boîtes à fond gris correspondent à la grande classe de modes privés, soit les autos, camions, motos, etc., tandis que les boîtes blanches avec caractères gras correspondent aux modes de transport en commun,

définis comme étant le mode public (qui comprend la marche comme un mode d'accès au TC).

Les catégories de modes sont donc les suivantes :

- 1 Auto-conducteur seul, avec et sans péage;
- 2 Auto-conducteur avec passager(s), où le taux d'occupation peut varier pendant la chaîne, avec ou sans péage;
- 3, 4 et 5 Modes transport en commun (autobus, métro, train de banlieue);
- 6 Bi-modaux, selon le type de mode TC, pouvant aussi inclure des déplacements (maillons) auto purs au sein de la chaîne. Les parties de déplacement auto peuvent être avec ou sans péage;
- 7 Non-motorisés (piétons, vélo);
- 8 Autres modes (taxi, autobus scolaire), sans égard aux péages.

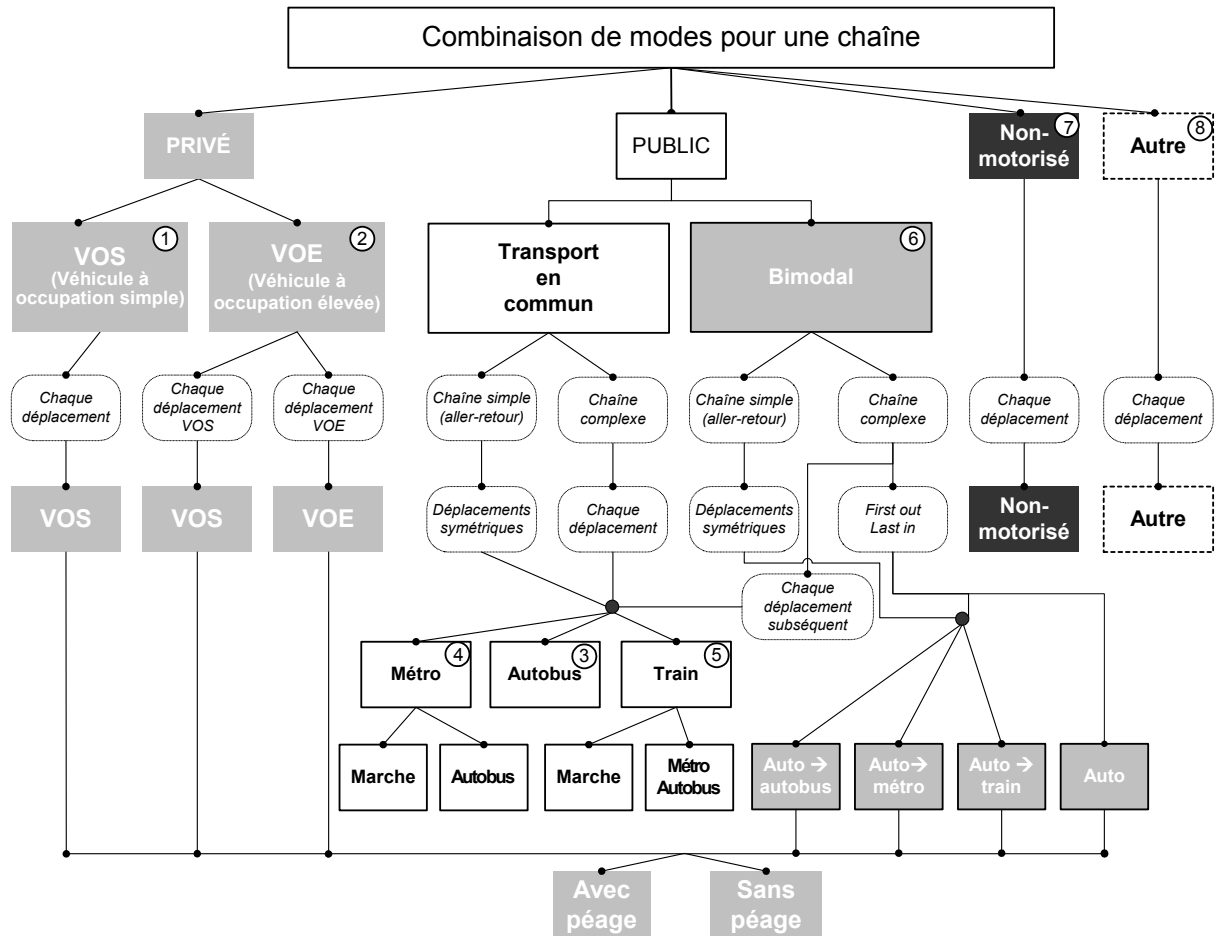


Figure 18 – Stratification de la demande selon le mode de déplacement

La structure de ce modèle basé sur les chaînes de déplacements fait que le choix, ou transfert, modal est calculé en deux étapes, soit un modèle initial basé sur les catégories générales des deux premiers niveaux et un modèle plus détaillé pour chaque maillon de la chaîne, qui comprend toutes les combinaisons détaillées des niveaux inférieurs, jusqu'au choix de route avec ou sans péage. Aux niveaux inférieurs, les déplacements comportent les huit modes principaux, ainsi que les modes d'accès au TC et, tout en bas, le choix d'une route à péage se situe au dernier niveau.

6.4 Stratification de la demande de déplacement selon ses caractéristiques socio-économiques

Les fonctions d'utilités du modèle de transfert modal intègrent plusieurs caractéristiques socio-économiques, dont notamment le revenu du ménage (cette donnée, imputée dans le fichier d'Enquête O-D à partir des données de Statistique Canada, a également été récoltée lors de l'enquête de préférence déclarée). Les enregistrements de l'enquête seront clonés pour les différents modes, y compris celui du péage qui est inexistant aujourd'hui. Des matrices par mode auto, soit avec ou sans péage, pour auto conducteurs seuls et avec passagers, seront générées pour les différents périodes de la journée, (voir la section suivante portant sur la stratification par périodes de la journée pour plus de détails).

Le **Tableau 15** ci-dessous présente toutes les caractéristiques socio-économiques qui sont intégrées aux fonctions d'utilité du modèle, regroupées en trois catégories principales :

Tableau 15 – Caractéristiques socio-économiques

<p>1 <u>Caractéristiques des personnes</u></p> <p>1.1 Statut professionnel (travailleur, étudiant, non-actif, etc)</p> <p>1.2 Cohortes d'âge (0-5, 6-15,16-25,26-35,36-65, 65+)</p> <p>1.3 Sexe</p> <p>1.4 Permis de conduire</p> <p>1.5 Accès à un véhicule</p>
<p>2 <u>Caractéristiques des ménages</u></p> <p>2.1 Revenu (bas, moyen, élevé)</p> <p>2.2 Nombre de travailleurs</p> <p>2.3 Nombre d'adultes non-actifs</p> <p>2.4 Nombre d'enfants par cohorte</p> <p>2.5 Taux de motorisation (nombre de véhicules par travailleur par ménage)</p> <p>2.6 Indicateurs du style de vie:</p> <p>2.6.1 <i>Age du chef de ménage (jeune, moyen, vieux)</i></p> <p>2.6.2 <i>Statut professionnel (travailleur, étudiant, non-actif, etc)</i></p> <p>2.6.3 <i>Nombre d'adultes</i></p> <p>2.6.5 <i>Nombre d'enfants d'âge scolaire</i></p> <p>2.6.4 <i>Nombre de bambins</i></p>
<p>3 <u>Caractéristiques géographiques des extrémités des déplacements</u></p> <p>3.1 Type et densité résidentielle</p> <p>3.2 Type et densité des emplois</p> <p>3.3 Disponibilité et coût moyen du stationnement</p>

6.5 Stratification de la demande par type de véhicule

La stratification de la demande par type de véhicule permet d'intégrer au modèle d'évaluation des achalandages et revenus les déplacements motorisés non-répertoriés explicitement par l'Enquête O-D, soit les déplacements de personnes et de biens pour des fins commerciales. En plus des modes autos (avec et sans passagers et péages), trois catégories de modes commerciaux seront établies, soit :

- véhicules commerciaux légers (véhicules de service);
- camions porteurs (une unité);
- camions combinés (semi-remorques, etc.).

La demande correspondante de déplacement, exprimées en mouvements de véhicules, est synthétisée en matrices de déplacement par période de la journée, basées sur le système de découpage de zone du modèle EMME/2 du MOTREM98. Les catégories « camions » existent et sont déjà intégrées au MOTREM98; par contre, les véhicules de service ne sont pas différenciés et sont intégrés aux matrices autos-conducteurs. Dans le cas d'un modèle 24 heures, tel que proposé pour cette étude, il est important de différencier les véhicules de service des véhicules privés pour la simple raison que les premiers sont plus nombreux, en proportion, durant la période hors-pointe de jour, et qu'ils ont un comportement différent face aux péages. En effet, il est démontré que, toutes choses étant égales par ailleurs, les individus en déplacement pour motif « commercial » seraient plus enclins à utiliser les routes à péages que les routes régulières, essentiellement parce que le péage est remboursable par leur employeur ou est déductible du revenu à titre de dépense professionnelle. Les enquêtes de préférences déclarées comprennent quelques données sur ces déplacements, qui viendront bonifier les matrices existantes du MOTREM98.

6.6 Stratification par période de la journée

Une fois la demande modale segmentée par motif, des matrices de déplacements auto 24h seront générées suivant le système de 1420 zones du MOTREM98, puis découpées en fonction de la période de la journée, tel que présenté à la **Figure 19**.

Du point de vue des réseaux routiers et de la demande, trois périodes semblent suffisantes pour simuler une journée, soit les deux périodes de pointe (celle du matin et celle de l'après-midi) et la période hors-pointe, durant laquelle on ne retrouve, par hypothèse, que peu de congestion, que ce soit durant le jour (à l'exception de l'autoroute Métropolitaine) ou la nuit. La richesse des données d'enquêtes et de comptages permettent d'envisager de découper la période hors pointe en trois parties: jour, soir et nuit. Cela permettrait de tester divers scénarios de tarification journalière, variant selon les périodes de la journée.

Dans le cadre de la modélisation basée sur les chaînes de déplacements, le choix de la période de la journée devient une combinaison complexe d'au moins cinq périodes par maillon (heure de départ à l'aller par l'heure de départ au retour), pour un total de 15

combinaisons, tel que le démontre la **Figure 19**. Le tout se complique davantage si les heures d'arrivées et les temps d'arrêts intermédiaires sont considérés.

Stratification des chaînes selon la période de la journée

Heure de départ - retour

		Nuit 0:00-5:59	Pointe AM 6:00-8:59	Hors-pointe jour 9:00-15:29	Pointe PM 15:30-18:29	Hors-pointe soir 18:30-28:00
Heure de départ - aller	Nuit 0:00-5:59	Hors-pointe	Pointe uni-directionnelle	Hors-pointe	Pointe uni-directionnelle	Hors-pointe
	Pointe AM 6:00-8:59		Pointe	Pointe uni-directionnelle	Pointe	Pointe uni-directionnelle
	Hors-pointe jour 9:00-15:29			Hors-pointe	Pointe uni-directionnelle	Hors-pointe
	Pointe PM 15:30-18:29				Pointe	Pointe uni-directionnelle
	Hors-pointe soir 18:30-28:00					Hors-pointe

Figure 19 – Périodes de la journée

Dans le contexte de cette étude, les paramètres des périodes de la journée sont établis à partir du fichier d'Enquête O-D pour chaque chaîne de déplacements et ne varient pas (c'est-à-dire que les changements d'heure de départ ne sont pas modélisés). Par conséquent, les données d'impédance correspondantes pour chacune des cinq périodes de la journée seront utilisées en relation avec les maillons aller et retour de chaque chaîne. Le modèle de choix, ou transfert, modal n'aura que trois variables indépendantes (*dummy*) générales, ou possiblement des coefficients stratifiés (tel qu'illustré par les différentes teintes dans la **Figure 19**) :

- Les deux déplacements (aller et retour) sont effectués durant les périodes hors-pointe (jaune);
- Un des deux déplacements est effectué durant une période de pointe (gris);
- Les deux déplacements sont effectués durant les périodes de pointe (vert).

On s'attend à ce que les gens voyageant en période de pointe soient plus enclins à utiliser les péages. Il est encore trop tôt pour déterminer si la période hors-pointe du soir et celle de la nuit seront différenciées. Les résultats de calibration donneront une bonne indication de la nécessité de séparer ces deux périodes, ce qui a pour conséquence d'allonger le temps de traitement et d'alourdir le processus de modélisation.

6.7 Annualisation des résultats

Les facteurs d'expansion des résultats d'affectations, nécessaires pour annualiser les achalandages et revenus quotidiens des différents scénarios et horizons considérés, ont été calculés à partir des données historiques de comptages, et seront modifiés au besoin avec les résultats des simulations (c'est-à-dire que les proportions d'usagers des péages par motif pourront varier et de ce fait modifier les facteurs multiplicatifs) ainsi que l'information qui pourra être recueillie auprès de l'industrie du camionnage. Les données de comptages du samedi et du dimanche ont été évaluées et seront comparées aux simulations des déplacements des jours de semaine, par exemple en réduisant l'importance du motif travail tout en augmentant celui du motif loisirs. Aucune simulation du réseau de fin de semaine n'est prévue pour cette étude.

Les données de 1998 et 1999 (soit les années les plus proches de l'Enquête O-D de Montréal, qui s'est déroulée en 1998 et sur laquelle le MOTREM98 est calibré) ont été analysées à 10 endroits différents, soit six pour le corridor de l'A-30 et quatre pour celui de l'A-25, voir le **Tableau 16**. Un onzième poste a été ajouté à ce tableau, soit l'Autoroute Métropolitaine entre les autoroutes des Laurentides et Décarie pour fins de comparaison régionale. Il s'agit de déterminer, à chaque endroit, quel est le poids de la simulation d'une journée ouvrable d'automne (sur laquelle le MOTREM98 est calibré) par rapport à la moyenne annuelle (250 jours ouvrables) et également par rapport aux fins de semaine et jours fériés (les 115 autres jours non-ouvrables). Ainsi, si tous les jours avaient un poids égal, le facteur d'annualisation serait de 365, soit 250 plus 115. Cependant, le trafic varie de mois en mois et surtout entre les jours ouvrables et ceux non-ouvrables, mais pas toujours dans le même sens. Il est possible qu'une route ait beaucoup plus de trafic un jour ouvrable (le pont Pie-IX ou Papineau), alors qu'une autre, qui offre l'accès aux régions de villégiature (les autoroutes 10, 15 ou 25, par exemple) aura également un trafic important les jours non-ouvrables.

Les données brutes, extraites des recueils annuels de circulation 1997 à 1999 du MTQ, sont présentées à l'**Annexe 4**. Une pondération des valeurs de comptages à ces endroits, par rapport aux jours ouvrables d'automne, permet de déterminer la valeur d'une journée moyenne simulée (pour un jour ouvrable moyen de l'automne). Celui-ci est déterminé comme un facteur de jour ouvrable moyen annuel (oscillant autour de la valeur neutre de 250) ainsi qu'un facteur de jour non-ouvrable (variant de 75 à 115, dépendant de l'endroit). La somme de ces deux facteurs, multipliée par les données d'achalandage journalier, permettent d'obtenir les totaux annuels. La séparation des valeurs pour les jours ouvrables et non-ouvrables permettra de stratifier le trafic, dans l'optique de tarifs différents. Les résultats sont présentés au **Tableau 16** ci-dessous.

Tableau 16 – Facteurs d'annualisation des achalandages

	Facteur ^{1,2} d'annualisation	Jour ouvrable moyen (avec lundi)	Poids du comptage	Représentativité du comptage	Facteur d'annualisation pondéré...
A-25	Poids relatif du comptage le plus représentatif (en caractères gras)			2	... selon le poids du comptage
1. Laval	304	73700	21%	42%	313
A-25 au sud du pont Mathieu (entre Laval et l'île Saint-Jean)					
2. Laval	304	88400	25%	18%	... selon le poids et la représentativité du comptage
A-25 approche nord du pont Pie-IX sur la rivière des Prairies					
3. Bois-des-Filion	306	20700	6%	4%	
Rte 335 approche nord-ouest de la rivière des Mille-Îles (sur le pont)					
4. Laval	322	168000	48%	35%	
A-15 approche nord du pont Médéric-Martin					310
A-30					... selon le poids du comptage
Poids relatif du comptage le plus représentatif (en caractères gras)			1.5		
1. Grande-île	321	30100	22%	33%	316
Rte 201 à l'entrée sud du pont					
2. Sainte-Catherine	316	42200	31%	47%	... selon le poids et la représentativité du comptage
Rte 132 à 2,4 km à l'est de l'autoroute 30					
3. Saint-Bernard-de-Lacolle	361	6700	5%	2%	
A-15 à 1,1 km au sud de la route 202					
4. Mercier	307	14900	11%	5%	
A-30 à 1,6 km à l'est de la route 132-138					
5. Vaudreuil-Dorion	306	33200	24%	11%	
Rte 540 à 32 mètres au nord du pont d'étagement de la route 340					
6. Saint-Timothée	313	8900	7%	3%	317
Rte 132 à 5,5 km à l'ouest du tunnel de Melocheville					
Total					100%
Total					100%
1. Montréal	325	162100			325
A-40 en face de l'ONF					

¹ Voir les détails à l'annexe 6

² Un facteur d'équivalence de jour non-ouvrable de 78% a été appliqué aux facteurs d'annualisation avant la pondération.

Le débit annuel, D_a , est donc obtenu de la façon suivante :

$$D_a = J_a \times [F_{jo} + (FE_{jno} \times F_{jno})]$$

Où :

- J_a = débit journalier d'automne simulé (obtenu des simulations)
- F_{jo} = facteur de jour ouvrable (obtenu des comptages)
- F_{jno} = facteur de jour non-ouvrable (obtenu des comptages)
- FE_{jno} = facteur d'équivalence de jour non-ouvrable (obtenu des simulations)

Les facteurs obtenus sont marginalement différents pour les deux corridors, ceux-ci ayant tous les deux des caractéristiques similaires de comportement routier, soit l'emplacement excentré par rapport au centre-ville de Montréal, ainsi que la desserte immédiate de secteurs industriels et de banlieues résidentielles.

Afin de lier les facteurs d'annualisation aux simulations, un facteur d'équivalence de jours non-ouvrables (FE_{jno}) est introduit. Ce facteur sera calculé en fonction de la proportion d'utilisateurs des péages par catégories de motifs durant un jour ouvrable par rapport à un jour non-ouvrable. Les proportions des motifs durant un jour non-ouvrable sont disponibles pour l'Enquête O-D 1998. Le FE_{jno} sera appliqué aux données de circulation de jours non-ouvrables. Il est démontré que des déplacements à motif travail seront proportionnellement plus sujets à emprunter les routes à péage. Ceci implique que l'annualisation des achalandages, et par conséquent des revenus, doit tenir compte du faible nombre de déplacements à motif travail durant les jours non-ouvrables, et diminuer d'autant l'achalandage. Afin de raffiner encore plus ces prévisions, une fonction directe de l'achalandage par rapport au tarif pourrait être tirée des résultats de simulation, par motifs durant les périodes hors-pointe (quand la fluidité de la circulation ressemble le plus aux conditions des jour non-ouvrables), et ainsi être appliquée au FE_{jno} . Pour l'instant, un FE_{jno} de 78% est utilisé en attendant les premiers résultats de simulations, c'est-à-dire qu'une réduction de 22% est appliquée aux volumes observés de jours non-ouvrables, correspondant à la proportion d'achalandage qui éviterait les routes à péage.

Le **Tableau 17** ci-dessous montre l'obtention de ce résultat, avec la colonne des proportions d'utilisateurs des péages qui reste à calculer lors des simulations (des chiffres temporaires sont utilisés pour l'exemple du FE_{jno}).

Tableau 17 – Calcul du Facteur d'Équivalence de jour non-ouvrable

Activité	Jour ouvrable	Jour non ouvrable	Proportion d'utilisateurs des péages ¹
Professionnelle	45%	10%	50%
Ménagère	38%	48%	35%
Personnelle	16%	43%	20%
Sommation pondérée par la proportion d'utilisateurs	0.390	0.304	
	FE_{jno}	78%	(.304/.390)

Finalement, un facteur de représentativité des comptages est appliqué à celui qui est le plus proche, tant physiquement que par le type d'utilisateurs de la route (voir ci-dessus). Il s'agit de pondérer la station, qui vaut deux fois plus (dans le cas de l'A-25) ou une fois et demie plus (dans le cas de l'A-30) que les autres comptages du groupe. Ce facteur est strictement subjectif et ne fait peu varier le facteur d'annualisation final (± 1). Il s'agit de donner un poids plus important au comptage (ou dans le cas de l'A-30 aux deux comptages) représentatif(s), tout en réduisant les autres en proportion.

¹ Durant les périodes hors-pointe

Les facteurs de tous les comptages sont ensuite pondérés par leur volume journalier moyen (DJMA d'un jour ouvrable) pour obtenir un facteur d'annualisation des achalandages par corridor.

Il est important de se rendre compte que les facteurs d'annualisation pondérés ne s'appliquent pas directement aux revenus si les tarifs sont variables selon l'heure et les types de véhicules. Ils ne s'appliquent également pas à l'annualisation des mesures de « consommation » du système de transport (véhicules-km et véhicules-heures), lesquelles devront faire l'objet de traitements très détaillés.

7 Conclusions

Après revue et analyse des données et outils disponibles pour cette étude, il ressort que l'environnement de modélisation est d'un niveau très avancé en ce qui a trait à l'analyse multi-modale des déplacements, et n'a besoin que de modifications relativement mineures pour produire des prévisions d'achalandages et de revenus robustes pour les projets autoroutiers de l'A-25 et de l'A-30. Les compléments qui seront apportés au MOTREM 98 seront compatibles avec tous les outils existants et s'intégreront harmonieusement dans le contexte de modélisation du SMST.

Un nouveau modèle de transfert modal, de type logit emboîté, sera conçu afin de remplacer les outils existants. Ce modèle, basé sur le concept de la chaîne de déplacements, et ce concept de chaîne de déplacements sera appliqué à toutes les autres étapes de modélisation du MOTREM amélioré. Il sera calibré à l'aide des résultats de l'enquête de préférences déclarées qui a été réalisée en mai et juin 2002 dans le cadre de ce projet.

Les scénarios de routes à péages, tant pour l'A-25 que pour l'A-30, seront basés sur la technologie de perception la plus moderne, soit le télépéage (perception électronique sans arrêt). Un système hybride est à considérer pour l'A-30, où la pénétration du marché des transpondeurs (qui coûtent près de 50\$CAN pièce) risque d'être plus difficile que pour le corridor de l'A-25. Le péage fictif risque aussi d'être une solution à retenir, s'il s'avère que les revenus des systèmes de péages sont insuffisants.

Le prochain rapport d'étape présentera le déroulement et les résultats de l'enquête de préférences déclarées. Les résultats de la calibration du modèle, incorporant les nouveaux éléments présentés ci-dessus, ainsi que l'application de ce modèle pour les scénarios futurs, feront également partie du Rapport d'Étape 2.