

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

MODÈLE EXPLICATIF DE LA RÉPARTITION MODALE
DANS LA GRANDE RÉGION DE MONTRÉAL

MARLÈNE BOURGEOIS
DÉPARTEMENT DES GÉNIES CIVIL, GÉOLOGIQUE ET DES MINES
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE CIVIL)
NOVEMBRE 2007

© Marlene Bourgeois, 2007.



Library and
Archives Canada

Bibliothèque et
Archives Canada

Published Heritage
Branch

Direction du
Patrimoine de l'édition

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

ISBN: 978-0-494-36901-2

Our file Notre référence

ISBN: 978-0-494-36901-2

NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

MODÈLE EXPLICATIF DE LA RÉPARTITION MODALE
DANS LA GRANDE RÉGION DE MONTRÉAL

présenté par: BOURGEOIS Marlène

en vue de l'obtention du diplôme de: Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de:

M. BAASS Karsten, Ph.D., président

M. CHAPLEAU Robert, Ph.D., membre et directeur de recherche

Mme MORENCY Catherine, Ph.D., membre et codirecteur de recherche

M. BERGERON Daniel, M.Sc.A., membre

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier sincèrement le professeur Robert Chapleau pour son importante contribution dans le processus de réalisation de cet ouvrage. Ses idées, ses réflexions, son intérêt, sa grande disponibilité et son soutien ont permis de nombreuses remises en questions et un apport important dans mon développement personnel et professionnel.

De plus, j'aimerais exprimer ma reconnaissance au professeur Catherine Morency, pour son encadrement et ses judicieux conseils.

Je souhaite également remercier les membres du groupe MADITUC pour leur aide technique de même que mes collègues de travail pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de mes études.

RÉSUMÉ

Depuis plusieurs années, la dynamique urbaine tend à se manifester selon divers phénomènes sociaux. Les grandes tendances mondiales laissent présager une augmentation du parc automobile, une forte croissance de la mobilité basée sur l'utilisation accrue de l'automobile, entraînant le déclin des transports collectifs, un étalement urbain facilité par la diffusion de la voiture personnelle et une détérioration de l'environnement dans un contexte inquiétant de changements climatiques.

Devant l'évolution des grandes tendances actuelles de mobilité et l'émergence de la problématique du développement durable, les villes devront adopter des mesures de planification renouvelées et développer des outils de modélisation interactifs pour soutenir une approche stratégique à long terme.

Chercheurs, planificateurs et gestionnaires tentent de mettre en relation les différentes variables de mobilité et d'y trouver une corrélation permettant de prédire adéquatement la question de la répartition modale. Bien que l'existence de ces relations ne soit plus remise en doute, plusieurs questionnements persistent quant à leur nature et leur ampleur. Dans le contexte urbain actuel, la répartition modale devient un enjeu important dans la planification des transports. L'environnement méthodologique et technique actuellement disponible permet d'approfondir cette question fondamentale.

Cette recherche propose donc une étude et une analyse spatio-temporelle des données agrégées des cinq dernières enquêtes Origine-Destination (OD) de la grande région de Montréal (GRM) ainsi qu'une démarche systématique permettant de relever, caractériser et mesurer les tendances lourdes, explicatives des comportements actuels de mobilité.

L'examen de cette question exige tout d'abord de définir le rôle des modèles dans le processus de planification des transports urbains, puis nécessite la réalisation d'une revue des procédures d'estimation telles que les approches agrégées et totalement désagrégées. Par la suite, la reconnaissance dans la littérature des principales variables influençant la demande de transport sera établie.

Afin de réaliser un traitement méthodologique portant sur un ensemble de données agrégées, un outil interactif de visualisation des données d'enquêtes a été développé. Celui-ci déploie les données demandées par l'utilisateur sur une carte géographique de la grande région de Montréal, schématisée en 65 secteurs, puis calcule certaines statistiques descriptives en regroupant les secteurs selon les neuf régions administratives. Développé dans une application Excel, où est représenté schématiquement le territoire à l'étude, cet outil d'analyse permet de bonifier la représentation des systèmes d'information géographique (SIG), au niveau de la schématisation, par une visualisation spatiale simultanée de plusieurs variables, trois en l'occurrence, provenant des enquêtes OD ou des recensements. Cet instrument informatique peut s'adapter à toute région métropolitaine et constitue une méthode de visualisation des données complémentaire aux outils de visualisation 3D ou aux SIG.

Ainsi, les analyses effectuées selon une agrégation spatiale, grâce aux outils interactifs de consultation de données et à un traitement méthodologique exhaustif, mettent l'accent sur les enjeux de la répartition modale dans la région métropolitaine montréalaise. Dès lors, ces études laissent transparaître les grandes tendances spatio-temporelles du milieu urbain montréalais. L'analyse des cinq dernières enquêtes origine-destination permet donc de relever, caractériser et mesurer les tendances de l'étalement urbain, du vieillissement de la population et des modifications de la structure familiale qui agissent sur les comportements actuels de mobilité. Elle permet, par conséquent, l'illustration de l'évolution spatio-temporelle des données d'enquêtes des vingt dernières années selon une approche agrégée à divers niveaux

Suite à la création d'un instrument interactif de consultation de données (MOBSPAT) et par le biais de différentes méthodes graphiques, de calculs d'indicateurs et de techniques de visualisation, il a été possible de décrire et d'illustrer les grandes tendances ressenties dans la GRM au cours des vingt dernières années. Toujours à des fins de description et d'explication de la répartition modale, l'exploration par l'entremise de méthodes statistiques classiques, telles que des régressions et des corrélations permet d'apprécier les effets des différentes variables sur la répartition des modes de transport.

Bien que la littérature regorge d'analyses sur la question de la répartition modale, il n'en demeure pas moins qu'elle suscite de nombreuses interrogations et questionnements sur la façon de l'appréhender adéquatement. Les analyses entreprises dans cette recherche tentent donc de contribuer à la compréhension des enjeux que représente la répartition modale dans le contexte urbain, social et économique de la grande région montréalaise.

ABSTRACT

For several years, the urban dynamic has expressed itself through diverse social phenomena. Worldwide trends predict an increase of the car population, a strong growth in mobility based on greater use of the automobile and an associated decline in public transit use, urban sprawl facilitated by increased private car ownership and the deterioration of the environment in a disturbing context of climate change.

In the face of the present mobility trends and the emergence of the concept of sustainable development, cities will have to adopt renewed measures of planning and develop interactive modelling tools to support a strategic long-term approach.

Researchers, planners and administrators try to find relationships among the different variables of mobility in an attempt to make adequate predictions of the modal split. Although the existence of these relations is no longer in doubt, several questions persist as to their nature and scale. In the urban context, the modal split is a major consideration in the planning of transport. The present available methodological and technical environment allows for the investigation of this fundamental question.

This research proposes a study and a spatiotemporal analysis of the aggregated data of the last five surveys of the greater Montreal area. It also proposes a systematic initiative allowing the characterization and measurement of the explanatory trends of current mobility behaviour.

First of all, the examination of this question requires a definition of the role of models in the public transport planning process, followed by a review of the estimation procedures such as the aggregated and totally disaggregated approaches. Afterward, the recognition in the literature of the main variables influencing travel demand will be established.

An interactive tool for data visualization was developed in order to realize a methodological treatment on a set of aggregated data. This tool displays the data requested by the user on a map of the greater Montreal area, schematized in 65 sectors, then calculates various descriptive statistics by grouping together

sectors according to nine administrative regions. Developed in an Excel application, this computing tool can adapt itself to any metropolitan area and constitutes an additional method of data visualization as a complement to geographical information systems (GIS) and classical statistics tools.

Finally, a spatially aggregate analysis, based on an exhaustive methodological treatment, is described in order to emphasize the various aspects of mode split in the greater Montreal area. These studies reveal the spatiotemporal trends of the Montreal urban environment. The analysis of the last five origin-destination surveys thus permits the observation, the characterization and the measurement of the tendencies of the urban sprawl, the aging population and the modifications of household structure which affect the present personal travel behaviour.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ	V
ABSTRACT	VIII
TABLE DES MATIÈRES	X
LISTE DES FIGURES	XIII
LISTE DES TABLEAUX	XVII
LISTE DES ANNEXES	XIX
LISTE DES SIGNES ET ABBRÉVIATIONS	XX
CHAPITRE 1. INTRODUCTION	1
1.1 Mise en contexte & Problématique	1
1.2 Objectifs & Méthodologie	2
1.3 Contenu	3
CHAPITRE 2. CARACTÉRISATION DE LA PRÉVISION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT EN MILIEU URBAIN	4
2.1 Processus de planification des transports	4
2.1.1 Relation entre processus de décision et instruments de planification de transport	5
2.1.2 Objectifs des modèles	8
2.1.3 Répartition modale	11
2.2 Modélisation de la demande de transport	11
2.2.4 Définir la mobilité	12
2.2.5 Analyse agrégée	13
2.2.6 Approche désagrégée et totalement désagrégée	17
2.2.7 Modèles de choix discret et théorie micro-économique	20
2.2.8 Élasticités	21
2.3 Identifier et sélectionner les variables	22
2.3.9 Vieillesse de la population	24

2.3.10 Présence des femmes sur le marché du travail	25
2.3.11 Structure des ménages.....	25
2.3.12 Motorisation.....	26
2.3.13 Étalement urbain	26
2.3.14 Caractéristiques décisionnelles	27

CHAPITRE 3. SYSTÈME D'INFORMATION – LES DONNÉES DANS LA GRANDE RÉGION MONTRÉALAISE..... 28

3.1 Offre de transport et dynamique urbaine.....	28
3.1.1 Offre de transport collectif	28
3.1.2 Offre de transport du réseau routier	33
3.2 Grande région de Montréal : un territoire en constante évolution	33
3.3 Enquêtes OD de 1982 à 2003	35
3.4 Recensement canadien de 2001.....	37
3.5 Instruments interactifs d'accès à la connaissance.....	39

CHAPITRE 4. DESCRIPTION ET ILLUSTRATION SPATIO-TEMPORELLE DES PRINCIPALES TENDANCES EXPLICATIVES DES COMPOURTEMENTS DE MOBILITÉ DANS LA GRANDE RÉGION DE MONTRÉAL..... 45

4.1 Grandes tendances spatio-temporelles (1982 à 2003)	45
4.1.1 Phénomène de l'étalement urbain.....	49
4.1.2 Vieillissement de la population	54
4.1.3 Diminution de la taille des ménages.....	61
4.1.4 Hausse de la motorisation	63
4.2 Évolution de la mobilité des personnes	71
4.2.5 Augmentation de la mobilité	71
4.2.6 Baisse de l'utilisation des transports en commun et effondrement de la marche.....	71
4.2.7 Motifs de déplacement	79
4.3 Analyse comparative de diverses clientèles	80
4.4 Accessibilité au métro.....	85

CHAPITRE 5. EXPLORATION DE RELATIONS EXPLICATIVES DE LA RÉPARTITION MODALE PAR L'ENTREMISE DE MÉTHODES STATISTIQUES CLASSIQUES	90
5.1 Description des variables	90
5.1.1 Statistiques descriptives.....	92
5.2 Différents modèles de régression simples.....	92
5.2.1 Influence de la motorisation.....	94
5.2.2 Importance des densités	100
5.3 Analyse de corrélation	104
5.4 Visualisation de différentes régressions multiples	105
5.5 Exploration de quelques modèles de régression multiple	110
5.6 Analyse en composantes principales	113
CHAPITRE 6. DISCUSSION & CONCLUSION	118
6.1 Éléments de discussion	118
6.2 Conclusion	119
RÉFÉRENCES.....	121
ANNEXES	127

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 : Défis de l'analyste en transport	5
Figure 2-2 : Perspectives américaines dans le rôle des modèles	6
Figure 2-3 : Perspectives françaises dans le discours d'évaluation	7
Figure 2-4 : Usage des modèles	8
Figure 2-5 : Objectifs d'un modèle.....	9
Figure 2-6 : Schéma de l'équilibre des systèmes de transport	10
Figure 2-7 : Place des modèles dans l'analyse des systèmes de transport.....	10
Figure 2-8 : Représentation d'un modèle mathématique de répartition modale	11
Figure 2-9 : Schématisation de la notion de chaîne de déplacements	12
Figure 2-10 : Schéma de la modélisation agrégée d'un réseau de transport	14
Figure 2-11 : Principales étapes de la procédure séquentielle classique	15
Figure 2-12 : Déplacement désagrégé.....	18
Figure 2-13 : Schéma du transfert modal appliqué au MTQ.....	20
Figure 2-14 : Liens entre les facteurs affectant la répartition modale	23
Figure 3-1 : AOT dans la région métropolitaine de Montréal, 2005.....	29
Figure 3-2 : Réseau du Métro de Montréal, 2002	31
Figure 3-3 : Réseau de trains de banlieue, 2007.....	32
Figure 3-4 : Géométrie des rues de la grande région de Montréal	33
Figure 3-5 : Territoire d'enquête de la GRM, enquêtes de 1982 à 2003	34
Figure 3-6 : Représentation du territoire d'enquête et du découpage en 9 régions	35
Figure 3-7 : Informations issues de MADEOD pour les cinq grandes enquêtes OD	36
Figure 3-8 : Territoire du recensement (couleur uniforme) et des enquêtes OD (quadrillé) de la grande région de Montréal.....	38
Figure 3-9 : Décomposition d'un déplacement selon différentes perspectives de modes et de réseaux.....	40
Figure 3-10 : Représentation MOBSPAT.....	42
Figure 3-11 : Outil interactif de régression complémentaire à MOBSPAT	43
Figure 3-12 : Représentations 2D et 3D complémentaires à MOBSPAT	44

Figure 4-1 : Évolution (1982-2003) des caractéristiques socio-démographiques – Part modale des déplacements des résidents – PPAM	48
Figure 4-2 : Unités de logement construites selon la distance au Centre-ville	51
Figure 4-3 : Répartition des unités de logement par périodes de construction – GRM divisée en 9 Régions.....	52
Figure 4-4 : Évolution (1982-2003) de divers indicateurs urbains cumulés pour des rayons de 10 et 20 kilomètres du centre-ville	53
Figure 4-5 : Distribution des cohortes selon trois découpages de la GRM (2003)	55
Figure 4-6 : MOBSPAT, Visualisation spatio-temporelle du pourcentage des 65 ans et plus,.....	56
Figure 4-7 : Évolution de la distance entre la zone de résidence et le CV par groupe d'âge des individus (1982-2003)	57
Figure 4-8 : Évolution des pyramides d'âges entre 1982 et 2003 – GRM.....	58
Figure 4-9 : Évolution (1982-2003) de la taille des ménages – GRM	61
Figure 4-10 : Distribution spatiale de la proportion des ménages d'une personne et de quatre personnes et plus.....	62
Figure 4-11 : Évolution de la taille des ménages – GRM	63
Figure 4-12 : Nombre de véhicules par personne selon l'Association des Transports du Canada.....	64
Figure 4-13 : Proportion des ménages possédant 0, 1, 2+ automobiles – GRM....	65
Figure 4-14 : Évolution de la motorisation et de la répartition modale – GRM.....	66
Figure 4-15 : Représentation 3D de revenu moyen des ménages selon les coordonnées en X et Y des 65 secteurs de la GRM	69
Figure 4-16 : Territoire de l'Île de Montréal divisé par agglomérations (2001)	70
Figure 4-17 : Évolution de l'achalandage annuel du transport en commun (millions passages) dans la GRM, 1986-2002	72
Figure 4-18 : Décomposition hiérarchique modale des déplacements-modes GRM, résidents, PPAM, tous motifs	73
Figure 4-19 : Répartition des modes motorisés, GRM, résidents (sans retour), PPAM, tous motifs	75
Figure 4-20 : Déplacements en transport en commun annuels par personne.....	76

Figure 4-21 : MOBSPAT, Visualisation spatio-temporelle de la RM (1982, 1993, 2003)	77
Figure 4-22 : Répartition des modes de transport 2003 - 65 Secteurs	78
Figure 4-23 : Distribution des déplacements selon le motif – Résidents – PPAM	79
Figure 4-24 : Caractéristiques socio-démographiques des trois clientèles 2003	81
Figure 4-25 : Visualisation des secteurs d'enquêtes OD (aires grises) et des secteurs de recensement (points roses) dans les voisinages immédiat et d'un kilomètre du métro de Montréal	86
Figure 5-1 : Relations entre les trois groupes de variables et la répartition modale	91
Figure 5-2 : Répartition des ménages selon leur taille (a) et leur motorisation (b) et la répartition modale des TC (c) – 65 Secteurs.....	93
Figure 5-3 : Cinq modèles de régression linéaire (de 1982 à 2003) exprimant la part du transport en commun en fonction de la motorisation.....	95
Figure 5-4 : Cinq modèles de régression linéaire (de 1982 à 2003) exprimant la répartition modale auto conducteur en fonction du logarithme naturel de la motorisation des ménages	96
Figure 5-5 : Cinq modèles de régression linéaire (de 1982 à 2003) exprimant la répartition modale TC en fonction de la possession automobile....	98
Figure 5-6 : Cinq modèles de régression linéaire (de 1982 à 2003) exprimant le taux de déplacement automobile en fonction de la motorisation	99
Figure 5-7 : Cinq modèles de régression linéaire (de 1982 à 2003) exprimant le taux de déplacement (résidents - PPAM) en transport en commun en fonction de la densité brute – pondérés selon la population.....	102
Figure 5-8 : Distribution cumulative selon la densité brute de personnes : déplacements, population, automobiles.....	103
Figure 5-9 : Motorisation en fonction de la taille des ménages et représentation colorée de la répartition modale TC – 65 Secteurs	106

Figure 5-10 : Représentation graphique de la répartition modale des déplacements TC en fonction des caractéristiques des ménages....	109
Figure 5-11 : Valeurs propres et variabilité cumulée (%) selon le facteur associé	113
Figure 5-12 : Cercles des corrélations représentant les facteurs en deux dimensions.....	116
Figure 5-13 : Représentation des observations sur une carte à deux dimensions.....	117

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3-1 : Offre de service des AOT de la région métropolitaine, 2001	30
Tableau 3-2 : Historique des lignes de trains de banlieue	32
Tableau 3-3 : Statistiques générales des enquêtes OD de la GRM	37
Tableau 4-1 : Résumé des grandes tendances observées de 1982 à 2003	46
Tableau 4-2 : Population de la GRM	50
Tableau 4-3 : Indicateurs démographiques – GRM	60
Tableau 4-4 : Répartition des ménages en fonction de la motorisation – GRM	64
Tableau 4-5 : Revenu moyen des ménages et des personnes de la GRM	68
Tableau 4-6 : Décomposition des déplacements selon le mode	74
Tableau 4-7 : Tableau comparatif des caractéristiques des trois secteurs – Déplacements des résidents – PPAM	83
Tableau 4-8 : Tableau comparatif de la mobilité individuelle des trois secteurs –Déplacements des résidents – PPAM	84
Tableau 4-9 : Statistiques des voisinages du métro de Montréal	87
Tableau 4-10 : Résumé des caractéristiques moyennes des zones d’accessibilité aux infrastructures lourdes de métro – GRM	88
Tableau 5-1 : Description des variables	91
Tableau 5-2 : Statistiques descriptives des variables	92
Tableau 5-3 : Densité de population de la GRM (personnes/km ² brut)	101
Tableau 5-4 : Corrélation entre les variables 2003 – Données agrégées en 65 secteurs	104
Tableau 5-5 : Corrélation entre les variables 1982 – Données agrégées en 65 secteurs	105
Tableau 5-6 : Revenu moyen des ménages de quelques secteurs de la GRM	107
Tableau 5-7 : Modèles de régression multiple de la répartition modale des transports en commun	112
Tableau 5-8 : Valeurs propres et variabilité cumulée (%) selon le facteur associé	114
Tableau 5-9 : Valeurs des composantes principales pour chacune des variables initiales	114

Tableau 5-10 : Tri décroissant sur les contributions des variables du premier axe et les composantes principales associées.....	115
--	-----

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Grande Région de Montréal agrégée en 65 Secteurs	127
Annexe 2 : Tableaux comparatifs des caractéristiques socio-économiques et démographiques des régions et du métro de la GRM	128
Annexe 3 : Décompositions hiérarchiques des déplacements-modes des résidents de certaines clientèles.....	132

LISTE DES SIGNES ET ABBRÉVIATIONS

ACP – Analyse en Composantes Principales

AMT – Agence Métropolitaine de Transport

AOT – Autorité Organisatrice de Transport

AQTR – Association Québécoise des Transports et des Routes

ATC – Association des Transports du Canada (TAC – Transportation Association of Canada)

CIT – Conseil Intermunicipal de Transport

CTM – Commission de Transport de Montréal

CTCUM – Commission de Transport de la Communauté Urbaine de Montréal

CUM – Communauté Urbaine de Montréal

CV – Centre-ville

OD – Origine Destination

GRM – Grande Région de Montréal

MADEOD – Modèle d'Analyse Désagrégée des Enquêtes Origine-Destination

MOBSPAT – MOBilité SPATialisée

MTQ – Ministère des Transports du Québec

OMIT – Organisme Municipal et Intermunicipal de Transport

PPAM – Période de Pointe du matin

PSC – Procédure Séquentielle Classique

RM – Répartition Modale

RMR – Région Métropolitaine de Recensement

RTL – Réseau de Transport de Longueuil

SR – Secteur de recensement

STCUM – Société de Transport de la Communauté Urbaine de Montréal

STL – Société de Transport de Laval

STM – Société de Transport de Montréal

STRSM – Société de Transport de la Rive Sud de Montréal (maintenant RTL)

TC – Transports en Commun

CHAPITRE 1. INTRODUCTION

À l'aube du 21^e siècle où pour la première fois, la moitié des humains (3.3 milliards) vivent dans les régions urbaines (UNFPA, 2007), la question de la planification des transports urbains prend toute son importance.

Les grandes tendances mondiales laissent présager une augmentation du parc automobile, une forte croissance de la mobilité basée sur l'utilisation accrue de l'automobile, entraînant le déclin des transports collectifs. Ces tendances sont principalement liées aux changements des comportements de vie et des transformations dans les formes urbaines. Le mouvement de périurbanisation, encouragé et maintenu par la facilité de transport à destination des zones périphériques (par la diffusion de l'automobile et par le développement des infrastructures de transport) favorise l'éclatement géographique de la distribution des déplacements et ainsi le déplacement par des modes de transport motorisés et privés.

Devant l'évolution des grandes tendances actuelles de mobilité et l'émergence de la problématique du développement durable, les villes devront adopter des mesures de planification renouvelées et des outils de modélisation interactifs.

1.1 Mise en contexte & Problématique

Depuis le début de la planification des transports, chercheurs, planificateurs et gestionnaires tentent de mettre en relation les différentes variables de mobilité et d'y trouver une corrélation permettant de prédire adéquatement la question de la répartition modale. Bien que l'existence de ces relations ne soit plus remise en doute, plusieurs questionnements persistent quant à leur nature et leur ampleur. Dans le contexte urbain actuel où les transports collectifs apparaissent comme le mode de transport de choix... pour les autres, et où l'automobile prend une part toujours croissante du marché, la répartition modale devient un enjeu important dans la planification des transports. L'environnement méthodologique et technique actuellement disponible permet d'approfondir cette question fondamentale.

1.2 Objectifs & Méthodologie

La présente recherche propose, à partir de l'étude et de l'analyse des données agrégées des cinq dernières enquêtes origine-destination (OD) de la grande région de Montréal, une démarche systématique permettant de relever, caractériser et mesurer les tendances lourdes, explicatives des comportements actuels de mobilité. Pour ce faire, elle présente, à des fins explicatives et descriptives, une série d'outils et de techniques permettant de décrire, d'expliquer, d'illustrer et de visualiser la répartition des modes de transport dans la grande région de Montréal.

Dans un premier temps, elle tente de conceptualiser le rôle des modèles dans le processus de planification des transports urbains et de cibler certaines approches de modélisation de la répartition modale et des variables l'influençant.

Dans un deuxième temps, elle tente de réaliser, selon une approche agrégée, un traitement méthodologique portant sur un ensemble de données provenant des enquêtes OD, afin de décrire et d'illustrer les grandes tendances spatio-temporelles du milieu urbain montréalais.

À cet effet, un outil interactif de visualisation spatiale des données d'enquêtes a été développé. Celui-ci déploie les données demandées par l'utilisateur sur une carte géographique de la GRM, schématisée en 65 secteurs, puis calcule certaines statistiques descriptives en regroupant les secteurs selon les neuf régions administratives. Développé dans une application Excel, où est représenté schématiquement le territoire à l'étude, cet outil d'analyse permet de bonifier la représentation des systèmes d'information géographique (SIG), au niveau de la schématisation, par une visualisation spatiale simultanée de plusieurs variables, trois en l'occurrence, provenant des enquêtes OD ou des recensements. Cet outil peut s'adapter à toute région métropolitaine et constitue une méthode de visualisation des données complémentaire aux outils de visualisation 3D ou aux systèmes d'information géographique (SIG).

Finalement, cette étude aspire à soulever les principales relations existant entre les variables socio-démographiques, urbaines et économiques et la répartition modale. De plus, elle tente d'exprimer la situation actuelle afin de participer à la

compréhension des enjeux que représente la répartition modale dans le contexte urbain actuel.

1.3 Contenu

Dans une première partie, une revue de littérature est effectuée afin de situer l'analyse d'un modèle de répartition modale dans le processus de planification des transports. Puis, les différentes approches de modélisation de la demande en transport sont résumées en mettant l'accent sur les approches agrégées et totalement désagrégées. De plus, une brève description des modèles de choix discrets, inscrits dans la théorie néo-classique de la micro-économie et du concept d'élasticité est également réalisée.

Dans un deuxième temps, grâce aux analyses spatio-temporelles des données agrégées des cinq enquêtes origine-destination effectuées entre 1982 et 2003, et aux outils de visualisation amenés par les technologies informationnelles, les tendances lourdes expliquant les comportements de mobilité dans la grande région de Montréal sont dégagées ainsi que différentes relations entre les variables par le biais d'analyse de corrélations, de régressions, de calcul d'élasticités et de statistiques descriptives classiques.

CHAPITRE 2. CARACTÉRISATION DE LA PRÉVISION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT EN MILIEU URBAIN

L'étude de la répartition modale représente une étape importante du processus de planification des transports et la place des modèles reste centrale dans l'analyse des transports. Ces modèles permettent également aux planificateurs d'analyser systématiquement les enjeux propres à leur communauté. Pour ce faire, il est important de comprendre, en premier lieu, le rôle des modèles dans la planification des transports.

En deuxième lieu, différentes approches de modélisation de la demande doivent être analysées adéquatement et systématiquement afin de parfaire la compréhension des enjeux du choix de la procédure d'estimation. Depuis les années 60, la modélisation de cette phase de l'analyse des transports s'effectue selon l'approche agrégée, et bien que celle-ci demeure fondamentale dans l'histoire des études de transport, il n'en demeure pas moins que depuis quelques années le développement de nouveaux outils technologiques et méthodologiques a favorisé l'innovation de plusieurs approches, dont l'approche totalement désagrégée.

En dernier lieu, l'identification des variables explicatives lors de la modélisation de la répartition modale et l'appréciation de leurs interactions sollicite également une bonne compréhension des systèmes de transport.

2.1 Processus de planification des transports

L'enseignement de la planification des transports émane de Manheim (1976) et plus particulièrement des deux défis (Figure 2-1) qu'il énonce pour l'analyste des transports. Cet enseignement définit le rôle du planificateur dans le rouage complexe des études de transport et souligne la nécessité de celui-ci d'intervenir dans la communauté afin d'améliorer les options de transport de façon équitable pour tous.

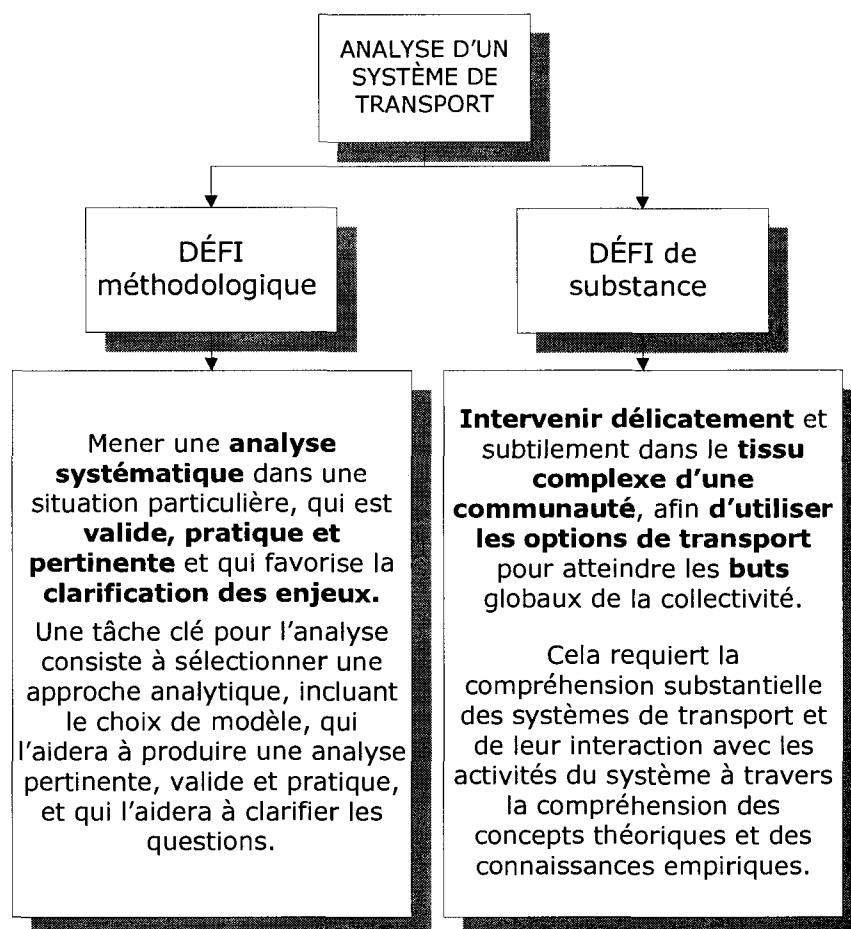


Figure 2-1 : Défis de l'analyste en transport

Source : selon Manheim (1976)

Manheim, dans sa philosophie, insiste sur le choix d'une approche analytique des instruments de planification (modèles) afin de l'aider dans le processus de production d'une analyse pertinente et systématique pour la clarification des enjeux. Cette tâche clé se doit d'être effectuée méthodiquement, l'analyste des systèmes de transport se devant d'instrumenter ses analyses et de documenter sa prise de décision.

2.1.1 Relation entre processus de décision et instruments de planification de transport

Puisque les instruments de planification jouent un rôle important dans la prise de décision, il y a lieu, de manière pratique, de les faire évoluer dans le sens d'une

complexité reflétant de manière pertinente la multi-dimensionnalité des perspectives et des enjeux afin de rendre plus difficile la possibilité de manipulation de certains acteurs (Chapleau et al., 1992).

Les préoccupations américaines et françaises des différents rôles des instruments de planifications (modèles, enquêtes, systèmes d'information) dans l'évaluation des projets et dans la prise de décision peuvent être examinées ici dans le but d'établir une culture décisionnelle honnête concernant l'utilisation des instruments de planification.

Le point de vue américain (Figure 2-2) allie trois perspectives : rationnelle, politique et interactive du rôle des modèles (Handy, 1992).

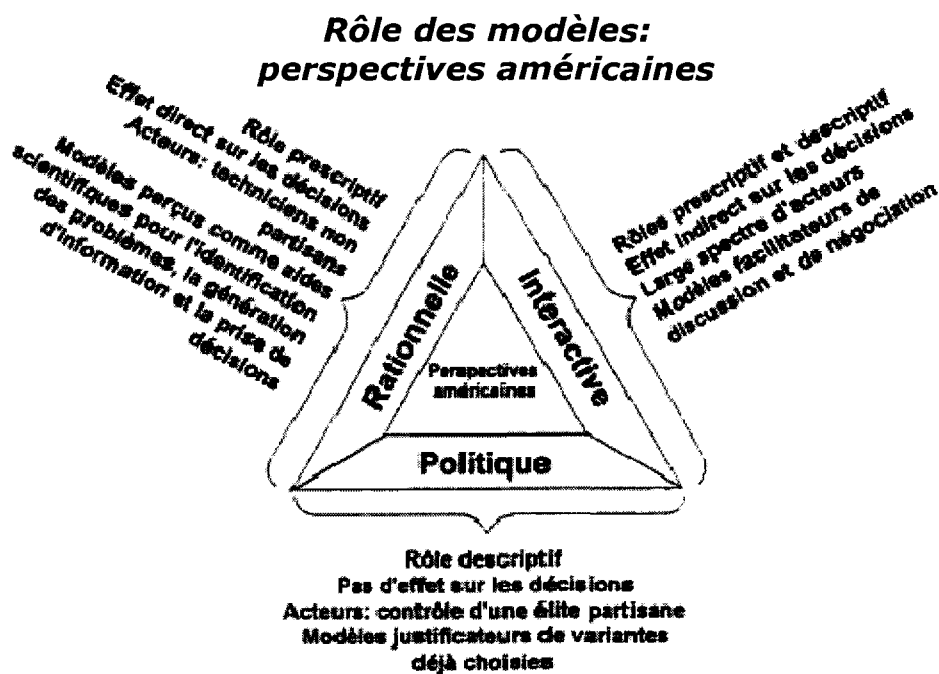


Figure 2-2 : Perspectives américaines dans le rôle des modèles

Source : (Morency, 1997)

Tout d'abord, du côté rationnel, les modèles consistent en un idéal pragmatique, scientifique et objectif utilisés par les acteurs non partisans pour la prise de décision. Toutefois, les Américains reconnaissent qu'il existe une perspective politique à l'utilisation des modèles à savoir que l'utilisation de ceux-ci sert d'abord des intérêts politiques plutôt que rationnels (Chapleau et al., 1992). Dans le

discours interactif, ils évoquent cependant le souhait que les modèles facilitent les discussions et négociations afin d'en arriver à un consensus.

L'approche française (Figure 2-3), pour sa part, soutient trois types de discours d'évaluation pour les grands projets de transport : analytique, procédurale et mobilisatrice (INRETS, 1987).

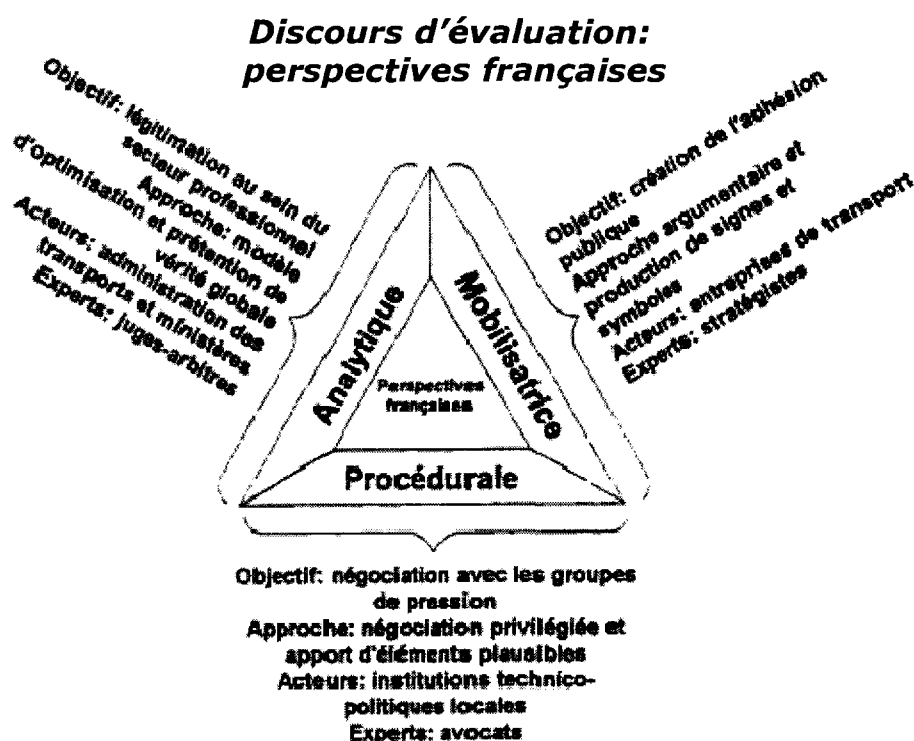


Figure 2-3 : Perspectives françaises dans le discours d'évaluation

Source : (Morency, 1997)

Premièrement, le discours analytique correspond au monde académique qui tente de se légitimer au sein du secteur professionnel. Cette approche consiste en un idéal rationnel par lequel les modèles justifient les choix. D'un autre côté, le discours procédural est associé aux institutions bureaucratiques et technocratiques qui utilisent les divers protocoles pour restreindre les choix. Dans la perspective du discours mobilisateur, l'utilisation symbolique des modèles, dans une logique de marketing stratégique, tente de créer l'adhésion forcée de l'opinion publique.

2.1.2 Objectifs des modèles

*« Un modèle n'est qu'une représentation simplifiée de la réalité,
destinée à mieux comprendre ou à agir sur elle »*

(Guitton, 1964)

Meyer et Miller (1984), dans leur livre « *Urban Transportation Planning* » sur l'usage des modèles, les qualifient « d'abstraction et de simplification de la réalité » et corroborent les objectifs de description, d'explication et de prédiction.

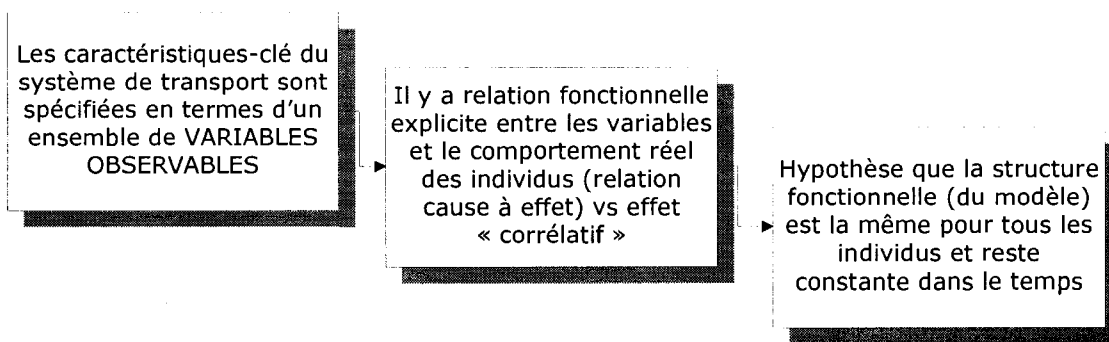


Figure 2-4 : Usage des modèles

Source : (Meyer et al., 1984)

Les objectifs du modèle sont de décrire une situation, de l'expliquer par les caractéristiques des usagers et des modes et ensuite, de tenter de prédire cette même situation en posant comme hypothèse que les relations restent constantes dans le temps.

« Il n'y a pas de modèle sans objectifs... [car] on ne construit pas d'outils dont on ne saurait à quoi il pourrait servir »

(Legay, 1990)

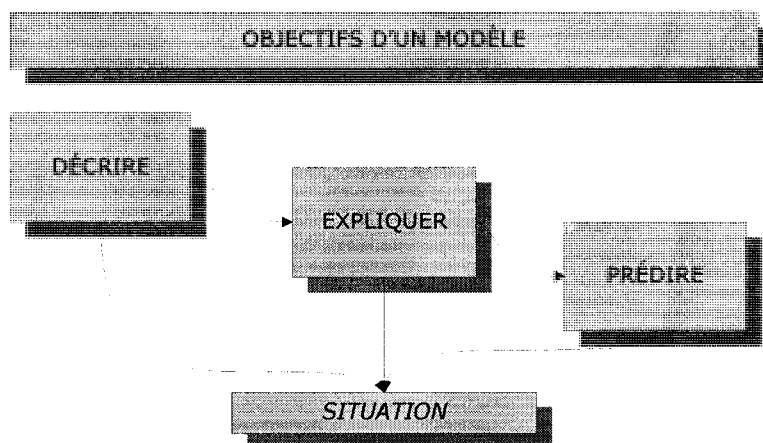


Figure 2-5 : Objectifs d'un modèle

Mathématiquement, ces objectifs peuvent se traduire de cette façon :

- décrire : il y a Y déplacements effectués pour un mode donné;
- expliquer : il y a Y déplacements, car il y a X_1 personnes, X_2 automobiles, X_3 de revenus ($Y = f(X_i)$);
- prédire : en supposant que les relations restent constantes dans le temps, il y aura $\hat{Y} = f(X'_i)$.

Afin de réaliser ces objectifs, les enquêtes OD et les recensements permettent, dans un premier temps, l'acquisition d'observations socio-démographiques et économiques et des données nécessaires à la description des comportements modaux et des variables influençant la répartition modale. Dans un deuxième temps, la modélisation ou la création d'un modèle de répartition modale permet d'obtenir la probabilité d'emprunter un mode donné.

D'un point de vue opérationnel en modélisation, on considère que la situation de référence (celle issue des enquêtes) correspond à une situation d'équilibre (Bonnel, 2004).

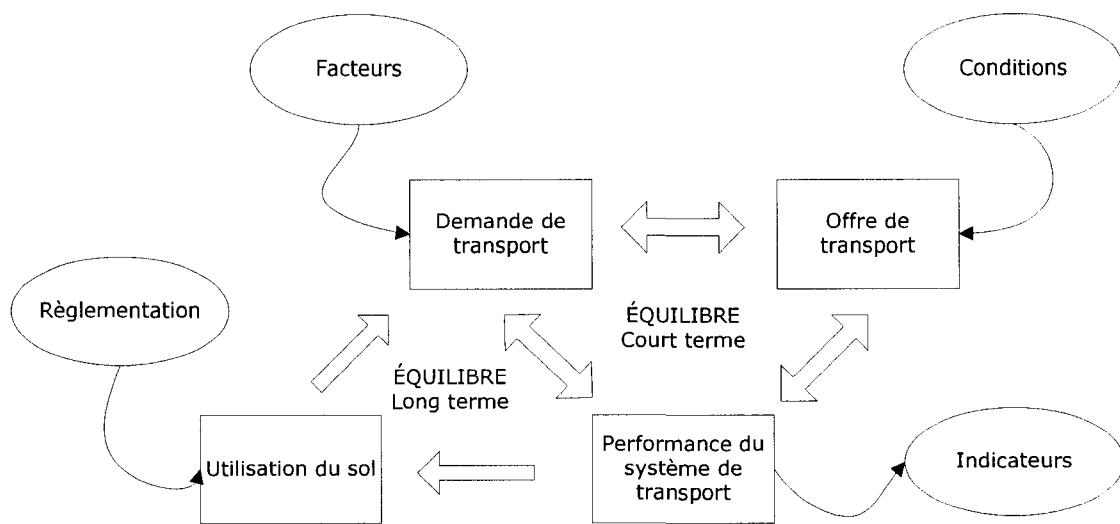


Figure 2-6 : Schéma de l'équilibre des systèmes de transport

Source : (Tremblay, 2002)

Afin d'analyser l'équilibre du système de transport, des modèles sont souvent utilisés pour soutenir le développement de l'analyse des comportements de mobilité, sous les perspectives méthodologiques et de substance, de Manheim (Morency, 2006).

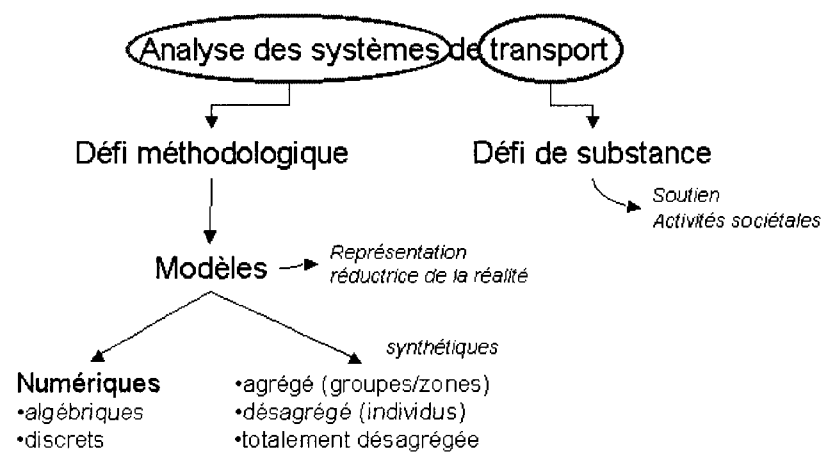


Figure 2-7 : Place des modèles dans l'analyse des systèmes de transport

Source : (Manheim, 1976) - emprunté de (MADITUC, 2007)

2.1.3 Répartition modale

La répartition modale se définit comme la proportion des usagers utilisant un mode de transport en particulier ou comme le résultat d'une modélisation représentée par la probabilité d'emprunter un mode de transport. Elle s'exprime par l'entremise d'un modèle mathématique qui tente de relier les paramètres suivants :

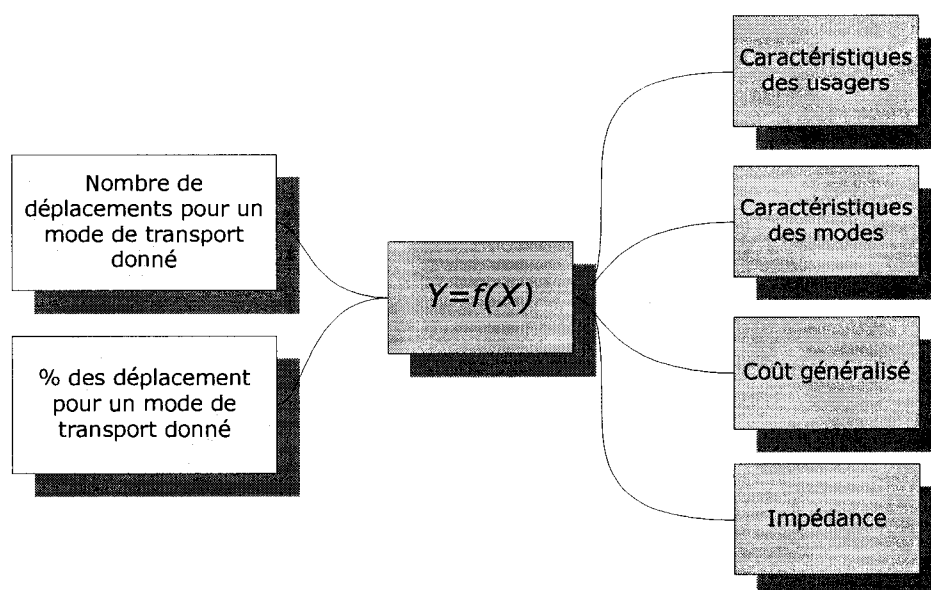


Figure 2-8 : Représentation d'un modèle mathématique de répartition modale

Source : (Chapleau, 1999)

Traditionnellement, dans le processus de modélisation agrégée de la demande de transport, l'analyse de la répartition modale s'inscrit comme la 3^e étape de la procédure séquentielle classique. Suivant les étapes de génération et de distribution des déplacements, et précédant celle de l'affectation, elle permet au modèle de déterminer quel mode de transport sera utilisé lors d'un déplacement (Wikipedia, 2007c). Cette étape requiert le choix d'une procédure d'estimation (Section 1.2), l'identification et la sélection des variables (Section 1.3).

2.2 Modélisation de la demande de transport

Incluse dans le processus de planification des transports, l'application d'un modèle de répartition modale requiert le choix d'une procédure d'estimation de la

demande. Les différentes approches de modélisation de la demande en transport sont résumées en mettant l'accent sur les approches agrégées et totalement désagrégées. De plus, une brève description des modèles de choix discrets, inscrits dans la théorie néo-classique de la micro-économie et du concept d'élasticité est également réalisée.

2.2.4 Définir la mobilité

La définition la plus courante de la mobilité, utilisée dans le milieu des études de prévision, correspond au nombre de déplacements réalisés par une personne au cours d'une journée. L'unité d'observation est la personne et prend en considération tous les modes de transport (Bonnel, 2004). Le déplacement est considéré avec ses attributs, le mode, l'origine et la destination, le motif, l'heure, etc.

Le déplacement est donc considéré comme un cheminement dans le temps et dans l'espace et s'insère dans un ensemble de schémas d'activités réalisés au cours d'une journée.

Perspective d'analyse des chaînes de déplacements

La mobilité n'est alors plus considérée uniquement par un déplacement unitaire et individuel, mais par un individu dans son contexte familial et professionnel.

Le schéma qui suit illustre un exemple de chaîne de déplacements d'une personne au cours d'une journée.

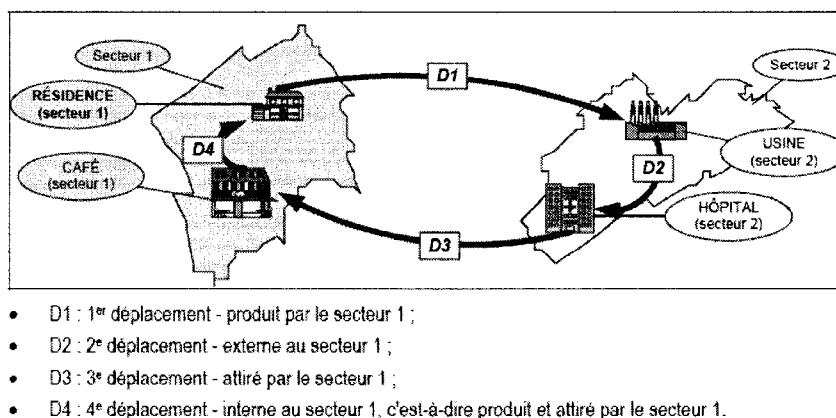


Figure 2-9 : Schématisation de la notion de chaîne de déplacements

Source : (AMT, 2003a)

Selon l'article de Chapleau et al. (2002), la caractérisation des déplacements fait appel à d'autres perspectives. Les Américains et Canadiens identifient les déplacements selon une logique d'extrémité-motif; cette distinction est d'ailleurs à la base de la procédure séquentielle classique (PSC) sur laquelle s'appuient encore plusieurs exercices de modélisation de la demande de transport. Traditionnellement, des logiques de la PSC ont été adoptées afin de permettre de modéliser quatre types classiques de déplacements :

- **Home-Based-Work (HW)** : pour un déplacement motif travail dont l'origine ou la destination est le lieu de résidence;
- **Home-Based-Other (HO)** : pour un déplacement motif autre que le travail ou l'étude dont l'origine ou la destination est le lieu de résidence;
- **Non-Home-Based (NHB)** : pour un déplacement dont ni l'origine, ni la destination ne se situe au lieu de résidence.

Avec cette évolution de la définition de la mobilité entre alors en jeu les études sur les chaînes d'activités qui constituent à elles seules, un champ d'étude spécifique.

2.2.5 Analyse agrégée

Dans l'approche agrégée, l'individu pris en compte est un individu moyen, construit et fictif, doté de caractéristiques moyennes, rassemblant généralement les attributs moyens des individus de sa zone. À priori, l'approche agrégée apparaît donc moins pertinente et est perçue comme une perte délibérée d'information. Elle implique des variables sous forme de moyennes agrégées par zone. L'image suivante tirée de l'article de Chapleau (1992a) schématise bien la modélisation classique d'un réseau de transport.

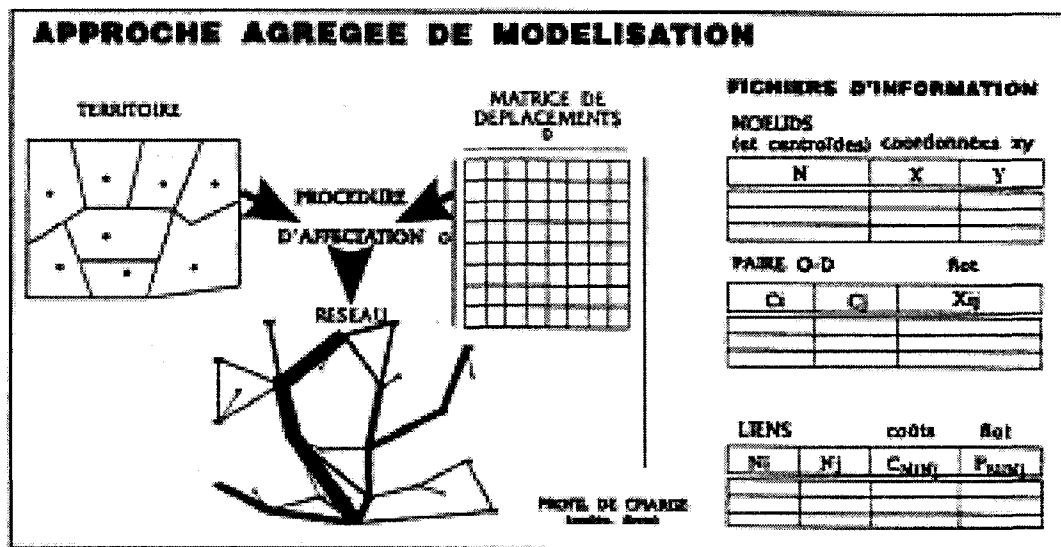


Figure 2-10 : Schéma de la modélisation agrégée d'un réseau de transport

Source : (Chapleau, 1992a)

Les premiers modèles de transport urbains, les modèles agrégés en quatre étapes ont été implantés pour la première fois dans les années 1950, par le CATS à Chicago (Chicago Area Transportation Study) et par le DATS à Détroit (Detroit Area Transportation Study). La procédure séquentielle classique, communément appelée modèle à quatre étapes consiste en une approche agrégée classique, s'effectuant selon quatre étapes successives et s'appuyant sur la génération et la distribution des déplacements, la répartition modale et l'affectation des déplacements sur le réseau. Les prévisions sont effectuées sur une région divisée en zones.

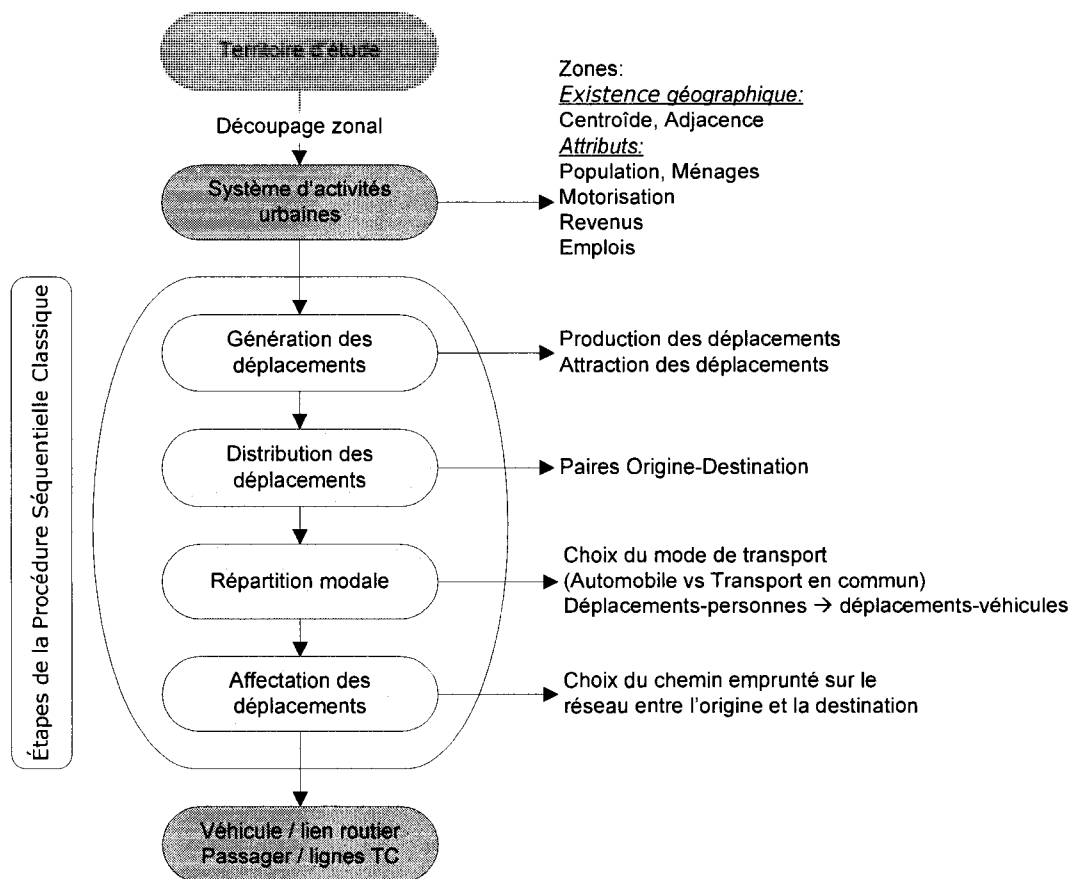


Figure 2-11 : Principales étapes de la procédure séquentielle classique

Source : (Morency, 2004)

Génération des déplacements : Cette étape détermine la fréquence des origines ou des destinations des déplacements dans chaque zone, par motif, comme une fonction de facteurs socio-économiques, démographiques, ou des caractéristiques urbaines. Elle consiste à définir le nombre de déplacements produits ou attirés pour chacune des zones. Habituellement, pour chacune des zones, les prévisions de la population et des emplois sont déterminées par des courbes de tendances ou l'analyse de régressions (Wikipedia, 2007d).

Distribution des déplacements : Cette étape consiste à construire la matrice OD des déplacements. Elle consiste à appairer les origines aux destinations en utilisant des modèles de gravité, équivalant à un modèle de maximisation d'entropie, ou anciennement, à un modèle Fratar (Wikipedia, 2007d).

Répartition modale : Cette étape correspond au choix du mode de transport par l'individu pour réaliser son déplacement entre une origine et une destination. Elle consiste à établir la proportion de déplacement effectué pour chaque origine et destination utilisant un mode de transport donné. Ces modèles sont souvent de la forme logit, développés par McFadden.

Affectation : Cette étape correspond au choix de l'itinéraire de l'individu pour effectuer son déplacement, entre une origine (O) et une destination (D), avec un mode donné. Souvent, le premier principe d'équilibre de Wardrop est appliqué, où tous les voyageurs choisissent le plus court chemin. Le résultat de cette étape se compose de la charge de voyageurs (véhicules) sur chacun des tronçons du réseau routier ou sur les lignes de transport en commun.

Malgré la critique de plus en plus incessante de l'approche classique, trois éléments principaux témoignent de la pertinence de l'analyse agrégée par opposition à l'approche désagrégée (Bonnell, 2004) :

- l'estimation des modèles désagrégés peut devenir très complexe et l'interprétation des résultats peut nécessiter des compétences assez pointues, particulièrement en statistiques. Le risque est alors grand d'avoir une validation et une maîtrise insuffisante du modèle qui peuvent avoir de lourdes conséquences en planification.
- lors de l'utilisation du zonage, la localisation des extrémités du déplacement dans la zone est inconnue, et se rapporte donc au centroïde de la zone. Les données de localisation sont donc tout autant agrégées dans les modèles désagrégés qu'agrégées sauf dans l'approche totalement désagrégée développée par Chapleau à partir des enquêtes OD de la GRM.
- si les données sont disponibles à un niveau désagrégé pour l'estimation du modèle, elles le sont rarement au même niveau de désagrégation pour la prévision.

Toutefois, certaines limitations de ces modèles agrégés sont de plus en plus mises en évidence et les critiques de plus en plus fortes avec l'arrivée des modèles désagrégés qui représentent plus fidèlement les comportements individuels. La

représentation des comportements moyens, découlant des données agrégées utilisées dans les modèles classiques, tend à masquer la grande hétérogénéité des attitudes des ménages ou des individus face aux déplacements. (Masson, 1998)

Une critique importante de la procédure séquentielle classique (PSC) est la linéarité de son processus et la négligence des effets rétroactifs. Bien que la dépendance des étapes de distribution et de répartition modale soit connue, ces modèles peuvent être qualifiés de modèles unidirectionnels dans lesquels chaque étape n'influe pas sur les suivantes. Afin de pallier cette critique, le modèle de Toronto élabore une stratégie itérative jusqu'à l'obtention d'un équilibre entre ces deux étapes (Miller, 2001). De plus, en termes de critiques, *« ces modèles ne tendent cependant pas vers des représentations des comportements décisionnels de déplacements, mais plutôt vers une approche pragmatique qui réduit de façon extrême le phénomène complexe des comportements de déplacements dans des composants analytiques maniables et qui peuvent être traités avec des techniques relativement simples »* (Masson, 1998).

2.2.6 Approche désagrégée et totalement désagrégée

Dans l'approche agrégée, le sujet pris en compte est un individu fictif doté de caractéristiques moyennes. L'approche désagrégée, pour sa part, considère l'individu isolément à travers ses propres caractéristiques. (Bonnel, 2004) Les modèles dits désagrégés fondent leur analyse au niveau de l'individu où celui-ci, confronté à un ensemble d'alternatives, est appelé à effectuer un choix. (Masson, 1998)

Par ailleurs, l'approche séquentielle classique (PSC), agrégée, s'appuie sur un découpage plus ou moins grossier n'autorisant qu'un traitement agrégé de la demande. Lors de l'utilisation du zonage, la localisation des extrémités du déplacement dans la zone est inconnue, et se rapporte donc au centroïde de cette zone. Il en est de même avec les données de localisation qui sont donc tout autant agrégées dans les modèles désagrégés.

Cependant, l'approche totalement désagrégée développée par Chapleau à partir des enquêtes OD de la GRM (Bonnel, 2004) permet l'analyse des déplacements à un niveau totalement désagrégé (déplacement et itinéraire) et offre la possibilité

de profiter au maximum de l'information sans perte lorsque l'agrégation des données est requise pour la modélisation. La localisation des extrémités de déplacements est donc connue. L'illustration d'un déplacement individuel selon l'approche désagrégée, pour un motif donné, prend cette forme :

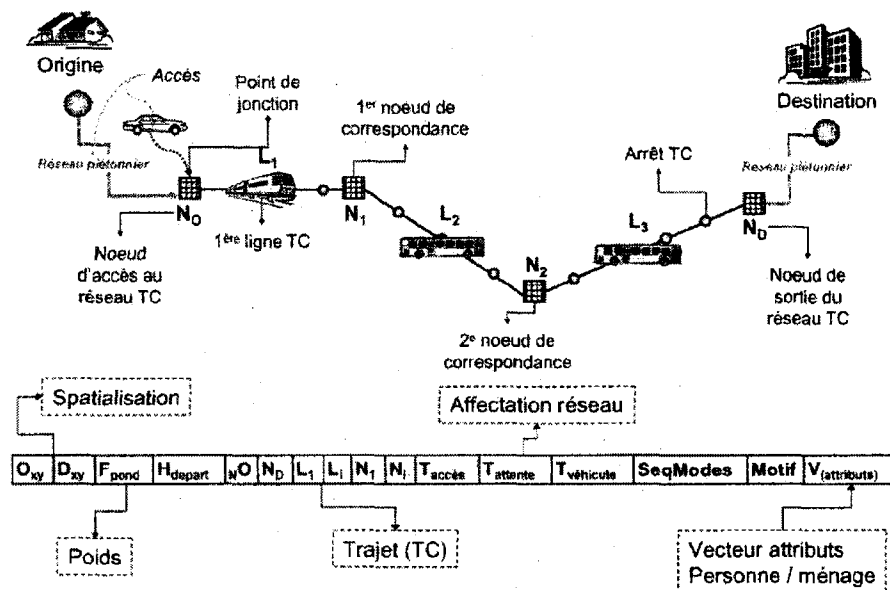


Figure 2-12 : Déplacement désagrégé

Source : (Morency, 2004)

Dans le contexte montréalais, Chapleau (1992a) présente une approche méthodologique alternative fondée sur le traitement informationnel de données individuelles, disponibles grâce à la structure des enquêtes. Comparativement à la méthode classique qui utilise des modèles algébriques synthétiques, le cadre totalement désagrégé offre un traitement individuel de la donnée déplacement, avec prise en compte simultanée de tous ses attributs (origine, destination, motif, personne, motorisation), lesquels sont examinés selon les bases de données de référence les plus proches des conditions opérationnelles (système d'information géographique avec géocodage, définition des réseaux à l'arrêt, etc.) (Chapleau et al., 2001). L'approche désagrégée se dessinant autour de systèmes d'informations, de bases de données, se caractérise donc sous deux aspects principaux :

- Affranchissement de système de découpage de zones (désagrégation spatiale)
- Traitement du déplacement individuel en intégrant distinctement dans l'analyse et la modélisation, les éléments de l'itinéraire ainsi que les caractéristiques socio-économiques de la personne (traitement individuel des itinéraires)

L'exploitation, selon une approche totalement désagrégée, des informations issues de ces enquêtes, cerne en premier lieu les potentialités analytiques des données de mobilité. De plus, elle autorise l'examen de problématiques complexes par l'intégration cohérente de sources multiples (recensement, système d'activités, territoire) et de systèmes d'information (gestion opérationnelle des réseaux, transactions tarifaires, diffusion d'informations aux usagers) (Chapleau et al., 2001).

Traitement totalement désagrégé de la répartition modale

La disponibilité de l'information recueillie dans les enquêtes OD lorsqu'elle est intégrée dans des systèmes d'information permet l'étude de la RM d'une façon différente qu'avec les approches agrégées et synthétiques.

Le modèle de transfert modal utilisé dans l'approche totalement désagrégée s'effectue par une analyse détaillée de la clientèle automobile déclarée, où les caractéristiques socio-démographiques sont précisées ainsi que l'alternative de transport en commun. Lors d'une modification du réseau de transport en commun, le calcul de nouveau coût généralisé est effectué pour chacun des déplacements et une analyse minutieuse permet d'observer les variations du coût généralisé. Alors, un modèle incrémental à seuil de changement modal peut être appliqué à chacun des déplacements originaux (Chapleau, 1992a). Ce modèle de transfert modal permet l'analyse à un niveau individuel de l'effet d'une modification d'un réseau de transport collectif sur le niveau de service. Par exemple, on a une situation de base connue, révélée par la plus récente enquête OD ou par la projection tendancielle de la demande en transport et un choix modal associé à la situation de base également connue. Le modèle consiste à estimer les transferts vers un autre mode en fonction des variations relatives entre les conditions de transport

routier et de transport en commun existantes dans la situation de base et celles projetées pour la situation étudiée (MTQ, 2007).

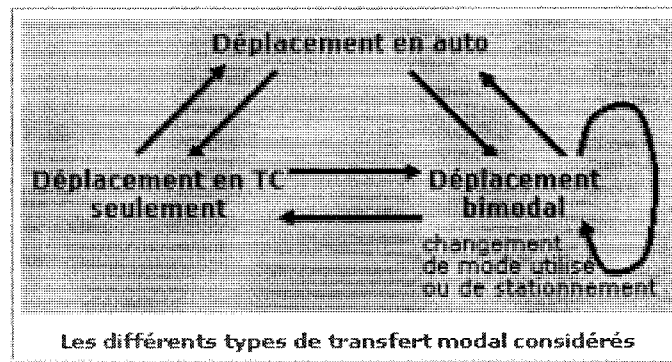


Figure 2-13 : Schéma du transfert modal appliqué au MTQ

Source : (MTQ, 2007)

Pour un déplacement donné, le niveau de service offert par le transport collectif doit varier d'au moins une certaine valeur minimale (seuil) pour justifier une modification du choix modal. Il s'agit donc d'une modification du choix modal observé plutôt que d'un résultat d'une simulation de choix modal (approche synthétique) dans une situation donnée (Noel et al., 1987).

2.2.7 Modèles de choix discret et théorie micro-économique

Les modèles de choix discrets sont tous inscrits dans le paradigme de la théorie néo-classique de la micro-économie. Ils sont fondés sur le principe de comportement rationnel des individus avec comme notion centrale les fonctions d'utilité, quantifiant la satisfaction d'un utilisateur lorsqu'il consomme un bien, chaque individu cherchant à maximiser son utilité. Les modèles de choix discrets s'intéressent au processus de décision d'un individu confronté à un ensemble de choix (ou d'alternatives). Dans l'étude du choix modal, on veut donc quantifier les raisons qui font qu'un utilisateur choisira par exemple la voiture plutôt que les TC. L'analyse agrégée pour sa part, attribue un comportement rationnel moyen à chaque individu, tandis que l'approche désagrégée tente d'introduire une meilleure prise en compte du comportement individuel.

La probabilité qu'un individu choisisse un mode donné, dans un ensemble d'alternatives correspond à la probabilité que l'utilité retirée par le consommateur,

par le choix d'une alternative, soit supérieure à toutes les autres alternatives (Morency, 2006). L'utilité est notamment fonction de la valeur du temps et peut différer selon les attributs individuels.

Probabilité qu'un individu choisisse un mode donné :

$$P(m_n = j) = \frac{\exp(U_j)}{1 + \sum_{i=1}^{k-1} \exp(U_i)} \quad \text{Équation 2-1}$$

Et sa fonction d'utilité :

$$U_i = b_{i0} + b_{i1}x_{n1} + \dots + b_{ir}x_{nr} \quad \text{Équation 2-2}$$

La critique la plus importante dans la modélisation désagrégée réside dans la problématique d'indépendance entre les alternatives (IIA : Independence of Irrelevant Alternatives), définie dans la littérature par le paradoxe du « Bus bleu » et du « Bus rouge » [McFadden, 1974]. En effet, la préférence d'un décideur entre des alternatives ne dépend que de la différence des utilités mesurées entre celles-ci. D'après cette hypothèse, l'introduction d'un nouveau mode dans un jeu donné d'alternatives modifiera les parts absolues de marché, mais laissera les parts relatives des alternatives considérées deux à deux (Masson, 1998). Cette hypothèse implique que les modèles multinomiaux sont inappropriés dès que deux ou plusieurs choix sont de proches substituts (Morency, 2006).

2.2.8 Élasticités

L'élasticité se définit comme une mesure simple et pratique pour décrire l'effet de la modification d'un certain facteur sur la demande. Dans sa plus simple forme, l'élasticité peut être décrite selon cette équation et représente la variation de la demande en réponse à la variation d'une variable donnée.

$$e = \frac{\Delta \text{demande}}{\Delta \text{variable}} = \frac{\left(\frac{\Delta y}{y} \right)}{\left(\frac{\Delta x}{x} \right)} \quad \text{Équation 2-3}$$

Le concept mathématique de l'élasticité permet donc d'estimer de façon standard la demande pour le transport public et les effets qu'ont certaines variables sur cette demande. Bien que plusieurs facteurs soient à la source de la variation de la demande de transport, quelques-uns sont particulièrement prédominants et différents selon le temps et les circonstances. En effet, la variation des tarifs, la qualité du service, la durée des déplacements, la possession automobile et le revenu ainsi que la compétition qui se joue entre les différents modes de transport sont ceux le plus souvent pris en compte dans ces calculs d'élasticités.

Dans l'étude de Balcombe et al. (2004), dont l'objectif principal consiste à identifier les effets des différents facteurs sur la demande, les auteurs ont pris soin de séparer ces facteurs en un nombre restreint de catégories telles que :

- **Les attributs du service du transport public et des autres modes de transport** : les tarifs, les horaires, la fréquence du service, la fiabilité du système, le confort, etc.
- **Les attributs du transport privé** : l'accessibilité à l'automobile, les coûts de déplacement, la durée des déplacements, etc.
- **Les caractéristiques des utilisateurs** : l'âge, le sexe, le revenu, le motif de déplacement, etc.
- **L'environnement** : l'étalement de la population, la distribution des ménages et des emplois, etc.

2.3 Identifier et sélectionner les variables

Les méthodes traditionnelles de prévision de la demande de transport s'appuient sur un découpage zonal du territoire et limitent généralement leur portée à un ensemble réduit d'attributs, par exemple, le nombre de ménages, le nombre d'emplois, le niveau de revenu et autres caractéristiques agrégées. Toutefois, les phénomènes découlant des dynamiques spatiales telles que l'étalement urbain ou les tendances socio-démographiques du vieillissement de la population ne sont pas considérés par ces modèles (Chapleau et al., 2004). L'essentiel de la démonstration de l'approche totalement désagrégée développée par Chapleau (2003) demeure le rejet de nombreuses approches de modélisation classique qui

s'appuient sur une invariance comportementale des ménages dans une région d'étude. Non seulement, la prise en compte de la démographie est importante, mais elle se doit d'être catégorisée géographiquement.

De plus, le modèle mathématique qui tente d'expliquer la répartition modale requiert, a priori, la compréhension des phénomènes que l'on cherche à modéliser. À partir des données des enquêtes OD à Montréal, plusieurs facteurs ont pu être quantifiés et leur évolution spatiale et temporelle analysée. Des facteurs socio-démographiques tels que le vieillissement de la population, la présence des femmes sur le marché du travail, la modification des caractéristiques des ménages, la géographie urbaine, les politiques en matière de transport et leurs impacts sur la mobilité ont été analysés afin de comprendre la dynamique sociale du milieu urbain montréalais.

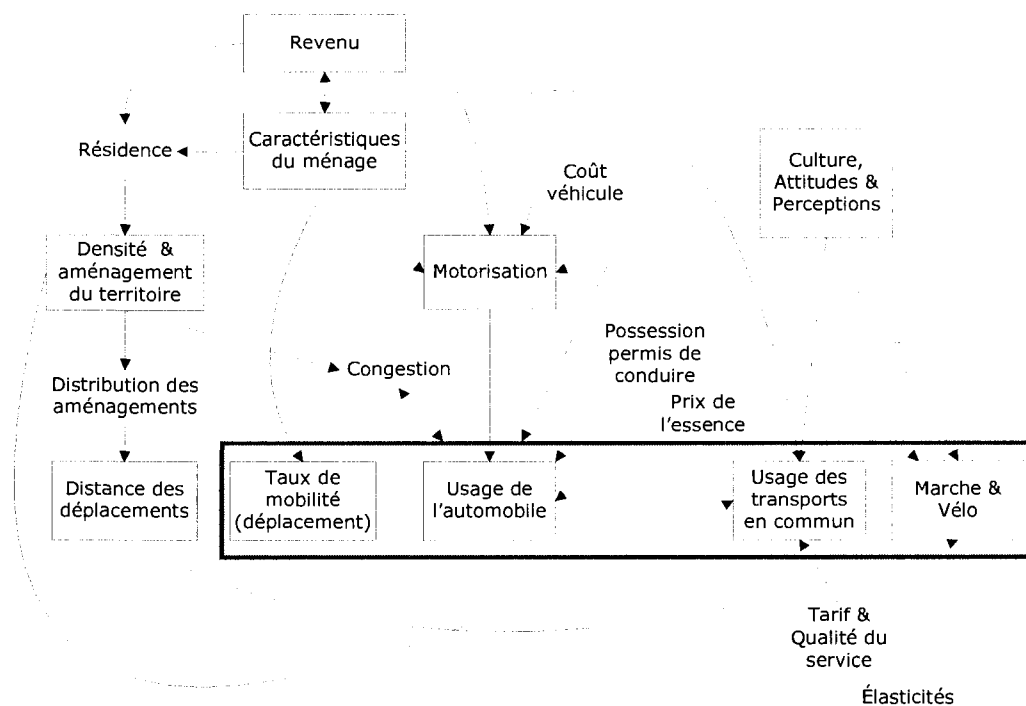


Figure 2-14 : Liens entre les facteurs affectant la répartition modale

Source : (Potter et al., 1997) – emprunté de (Balcombe et al., 2004)

2.3.9 Vieillissement de la population

Le phénomène du vieillissement de la population s'apprécie par la comparaison de la proportion de cohortes représentant la distribution démographique de la région. Les personnes âgées représentaient anciennement une clientèle captive des transports collectifs, car elles étaient seules, pauvres et en majorité de sexe féminin. Les personnes âgées constituant une part importante de la clientèle des TC, le vieillissement de la population devrait s'accompagner d'une hausse de la clientèle des TC. Toutefois, cette tendance semble se renverser puisque les baby-boomers vieillissent avec leur automobile, sont plus nantis et vivent en banlieue. Le renouvellement des générations amène, par conséquent, de nouveaux retraités ayant connu le règne de l'automobile pendant une bonne période de leur vie, à ne pas vouloir l'abandonner (Bonnell, 2000). De plus, la diminution de la part des jeunes « étudiants » dans la population, clientèle privilégiée des TC, provoque une baisse de leur fréquentation des TC (Bonnell, 2000). Des analyses dans la région métropolitaine de Montréal ont en effet permis d'observer un délaissement des modes actifs ou collectifs par les jeunes de moins de 16 ans au profit d'un parasitage automobile des parents (Morency et al., 2005).

Les enquêtes OD de la GRM ont permis de constater ces phénomènes; le centre urbain se caractérisant par une concentration de personnes âgées tandis que la banlieue est représentée par des familles et de jeunes ménages. (Chapleau et al., 1991). En effet, on peut croire en une certaine évolution démographique, mais aussi à une réelle migration des ménages vers l'extérieur du centre de Montréal (Chapleau et al., 1985). L'apport de chacun des trois groupes d'âge principaux, 0-17 ans, 18-64 ans ainsi que les 65 ans et plus, au sein de la population varie constamment depuis 1970; la forte baisse des plus jeunes étant compensée par la hausse des deux autres groupes. Ces variations n'ont cependant pas la même intensité dans l'espace, l'évolution étant plus dynamique près du CV, elle perd de la vigueur à mesure que l'on s'éloigne de ce dernier. L'âge moyen est aussi plus élevé au CV et diminue avec l'augmentation de la distance de celui-ci. Le vieillissement de la population a également un impact direct sur le taux de possession automobile et, par le fait même, sur le choix modal (Chapleau et al., 1985).

2.3.10 Présence des femmes sur le marché du travail

Traditionnellement, les femmes représentaient une clientèle captive des transports collectifs. Toutefois, l'évolution du rôle social des femmes permet à celles-ci d'accéder à de nouveaux emplois. Ce développement du travail féminin, accompagné d'une hausse du niveau de revenu, conduit souvent à une généralisation de la motorisation des femmes et à un usage accru de la voiture (Bonnel, 2000). Le marché de l'automobile est saturé depuis bien longtemps chez les hommes, mais le rattrapage complet par les femmes s'effectuera probablement dans une dizaine d'années (Chapleau et al., 2004). Dans la GRM, les taux de déplacements auto-conducteurs sont en forte progression chez les femmes, mais à des niveaux différents, tout dépendant de l'environnement urbain. Le marché du travail progresse plus fortement en banlieue et les femmes accèdent à la majorité des nouveaux emplois, ce marché comportant des taux de déplacement plus élevés où l'usage de l'auto est maximal (Chapleau et al., 1991).

2.3.11 Structure des ménages

La structure des ménages subit des transformations depuis plusieurs années. Spatialement, les ménages ne sont pas répartis de façon homogène sur tout le territoire, les plus petits ménages se concentrant près du CV et leur taille moyenne grandissant lors de l'éloignement à celui-ci (Chapleau et al., 1985). Cette affirmation est d'ailleurs confirmée par (Chapleau et al., 1991) qui constate une augmentation continue de la taille des ménages, du centre urbain vers la banlieue.

Toutefois, la diminution dans le temps de la taille des ménages est généralisée à l'ensemble du territoire. En effet, de 1970 à 1982, les ménages ont essuyé une baisse importante de 20% quant à leur taille. Ainsi, le fractionnement des ménages en augmente le nombre dans toutes les régions de la GRM; on parle alors de « célibatairisation » des ménages, ou encore « d'obésité spatiale individuelle » (Chapleau, 2003).

2.3.12 Motorisation

La relation entre la répartition modale, le taux de mobilité et la motorisation est depuis longtemps établie et cette variable est utilisée dans la plupart des modèles classiques de choix modal (Bonnell, 2004; Goodwin, 1993). À Montréal, les enquêtes OD ont permis d'observer une augmentation continue de la possession automobile (0.32 à 0.50 auto/personnes entre 1978 et 1987), avec une diminution continue de la proportion des ménages sans automobile (Chapleau et al., 1991). En plus de la croissance temporelle, la motorisation varie également selon la localisation spatiale. Géographiquement, la répartition des ménages sans automobile se concentre aux environs du CV, tandis que la motorisation des ménages croît avec la distance au CV (Chapleau et al., 1985).

Niveau de revenu

De façon générale, un indice de revenu élevé conduit à une augmentation du nombre de déplacement ainsi que de la distance moyenne de ceux-ci (Balcombe et al., 2004). De plus, il explique fort bien les taux de mobilité motorisée ainsi que le déclin actuel du transport en commun (Chapleau et al., 1991). Dans le contexte montréalais, et en concordance avec les observations sur la motorisation, les résidents des banlieues ont un niveau de revenu d'au moins dix fois supérieur à la moyenne régionale.

2.3.13 Étalement urbain

À partir des données des enquêtes OD à Montréal, des phénomènes découlant des dynamiques spatiales telles que l'étalement urbain se constatent et s'apprécient afin d'être inclus dans le processus de planification de la demande.

Avec le mouvement de périurbanisation, lorsque les structures urbaines viennent à changer, la demande de déplacement s'en trouve modifiée (Masson, 1998). De façon générale, l'étalement urbain, en concordance avec l'étalement des résidences, est accompagné d'une augmentation de la mobilité motorisée, d'un fort déclin de l'usage du transport collectif, d'un déclin de la répartition modale ainsi que d'une diminution relative des déplacements vers le CV (Chapleau et al., 1991). On constate une augmentation des distances d'accès au réseau de TC lorsque l'on s'éloigne du centre de l'agglomération, une des causes probables de la

diminution de la part des TC avec l'éloignement du CV (Chapleau et al., 2000). De plus, l'étalement urbain de l'habitat ainsi que de l'emploi entraîne une progression importante des flux là où les transports collectifs sont peu performants ainsi qu'une chute ou une stagnation là où ils sont le plus performants (Bonnell, 2000). La densité et l'occupation du sol apparaissent également comme des variables reliées au choix du mode de transport. L'utilisation des TC et de la marche comme mode de transport augmente lorsque la densité et le taux d'occupation du territoire augmente, alors que la proportion des déplacements auto-conducteurs subit une baisse importante (Frank et al., 1995).

2.3.14 Caractéristiques décisionnelles

À un niveau agrégé, la possession automobile augmente dans le temps de façon constante. Cependant, à un niveau désagrégé, il est possible de remarquer que la possession auto varie beaucoup, et de façon multidirectionnelle. Une des causes possibles de ces variations, en plus des facteurs économiques, et culturels, pourrait être la qualité du service de transport collectif. Sans toutefois dire que ce phénomène pourrait être une cause directe du phénomène de variation de la possession automobile, il est mentionné que les autorités de planification ne devraient toutefois pas négliger ce facteur (Goodwin, 1993). Cependant, les facteurs liés à la qualité du service (confort, sécurité, fiabilité) et leurs effets sur les comportements modaux demeurent difficiles à mesurer et à quantifier (Balcombe et al., 2004; Bonnell, 2004).

En plus de la qualité du service, les déterminants reliés à l'offre de transport, de même que l'offre de stationnement (Ball et Mierzejewski, 1990; Kaufmann, 2002; Massot et Orfeuil, 1991) influencent grandement les comportements de mobilité.

L'accessibilité à une infrastructure de TC (Chapleau, 1992b) ainsi que les facteurs externes tels que par exemple le prix de l'essence (Currie et al., 2007) et le tarif du transport en commun (Balcombe et al., 2004) peuvent également avoir des impacts sur le choix du mode de transport des usagers.

CHAPITRE 3. SYSTÈME D'INFORMATION – LES DONNÉES DANS LA GRANDE RÉGION MONTRÉLAISE

Les données, dans le contexte de la planification des transports, constituent l'embryon de l'analyse systématique et de la compréhension du système global urbain. Ce chapitre présente le contexte urbain de la région métropolitaine (réseaux de transport et territoire), les systèmes d'information (enquêtes OD, recensements), le système d'agrégation de ces données et les outils informationnels utilisés (MADEOD, MOBSPAT).

3.1 Offre de transport et dynamique urbaine

Les développements et investissements dans les infrastructures routières et réseaux de transport peuvent s'avérer une influence importante dans l'organisation de la ville et les habitudes comportementales de mobilité de ses résidents. Depuis les dernières décennies, les réseaux de transport ont subi quelques modifications et l'offre de transport s'est transformée au fil du temps. Voici comment s'organisent ces systèmes dans la région montréalaise.

3.1.1 Offre de transport collectif

Les déplacements en transport collectif dans la région sont assurés par le biais d'un réseau de transport collectif intégré, formé de trois grandes composantes : le métro, les trains de banlieue et les réseaux d'autobus. L'exploitation de ce réseau intégré de transport collectif est partagée entre plusieurs organismes, appelés autorités organisatrices de transport (AOT).

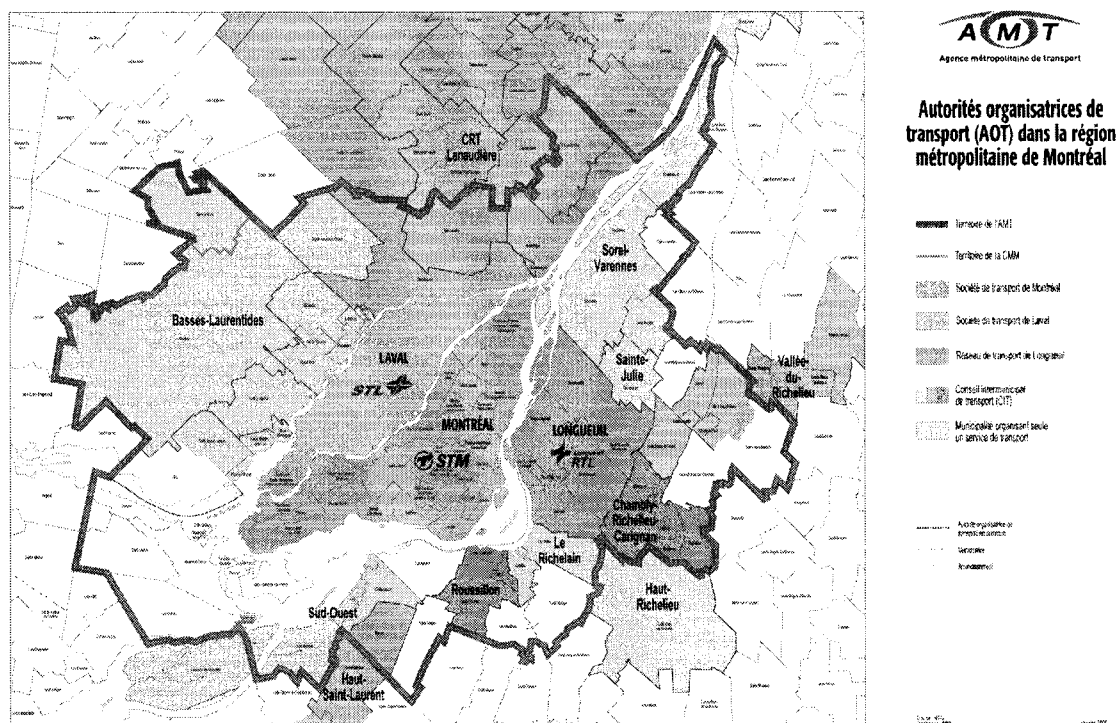


Figure 3-1 : AOT dans la région métropolitaine de Montréal, 2005

Source : (AMT, 2003b)

Le service de transport collectif dans la grande région de Montréal est assuré par dix-neuf AOT (Tableau 3-1), dont l'Agence métropolitaine de transport (AMT), trois organismes publics de transport (OPT), onze conseils intermunicipaux de transport (CIT) et quatre organismes municipaux ou intermunicipaux de transport (OMIT).

La société de transport de Montréal (STM), la plus grande AOT de la région, opère les 4 lignes de métro et près de 40% de l'offre de service des autobus. Deux entreprises de taille moyenne, le Réseau de transport de Longueuil (RTL), ainsi que la Société de transport de Laval (STL) se partagent respectivement les services opérationnels des réseaux des banlieues proches sud (Longueuil) et nord (Laval). Les quinze autres entreprises de petite taille (CIT et OMIT) se partagent l'ensemble de l'offre de service sur les Couronnes Nord et Sud.

Tableau 3-1 : Offre de service des AOT de la région métropolitaine, 2001

		Nombre de circuits	Km-véh de service (millions)			H-véh de service (milliers)	
Agence métropolitaine de transport	train	5	7,7	4,6%	175	2,7%	
	autobus	2	0,8	0,5%	31	0,5%	
		7	8,5	5,1%	206	3,2%	
Société de transport de Montréal	métro	4	58,0	34,7%	1 511	23,5%	
	autobus	186	58,3	34,8%	3 197	49,7%	
		190	116,3	69,5%	4 708	73,2%	
Réseau de transport de Longueuil ¹		85	16,5	9,9%	706	11,0%	
Société de transport de Laval		34	10,3	6,2%	379	5,9%	
TOTAL DES 3 OPT		309	143,1	85,5%	5 794	90,1%	
CIT et OMIT Laurentides							
CIT Basses-Laurentides		16	2,5	1,5%	76	1,2%	
OMIT Saint-Jérôme ²		5	0,3	0,2%	14	0,2%	
OMIT Saint-Eustache		5	0,3	0,2%	13	0,2%	
CIT Deux-Montagnes		1	0,5	0,3%	9	0,1%	
		27	3,5	2,1%	111	1,7%	
CIT et OMIT Lanaudière							
CIT des Moulins		18	2,1	1,3%	49	0,8%	
OMIT Repentigny		15	1,4	0,9%	45	0,7%	
CIT Montcalm		2	0,3	0,2%	7	0,1%	
		35	3,9	2,3%	100	1,6%	
CIT et OMIT Montérégie est							
CIT Vallée-du-Richelieu		12	2,1	1,3%	52	0,8%	
CIT Sorel-Varennes		7	1,7	1,0%	25	0,4%	
CIT Chambly-Richelieu-Carignan		22	0,5	0,3%	19	0,3%	
OMIT Sainte-Julie		8	0,5	0,3%	16	0,2%	
		49	4,8	2,9%	112	1,7%	
CIT et OMIT Montérégie ouest							
CIT Sud-Ouest		14	1,5	0,9%	44	0,7%	
CIT Le Richelain		16	1,0	0,6%	34	0,5%	
CIT Roussillon		26	0,5	0,3%	18	0,3%	
CIT Haut Saint-Laurent		2	0,6	0,4%	13	0,2%	
		58	3,6	2,1%	108	1,7%	
TOTAL CIT ET OMIT		169	15,8	9,4%	432	6,7%	
GRAND TOTAL		485	167,4	100,0%	6 432	100,0%	

¹Le RTL a été créé en 2002. Pour 2001, les statistiques du RTL totalisent donc celles de la STRSM et de l'OMIT de Saint-Bruno-de-Montarville.

²Appelé CIT Lafontaine-St-Antoine-St-Jérôme en 2001. Devenu OMIT Saint-Jérôme en 2002 puis intégré au territoire de l'AMT le 1^{er} janvier 2003.

Source : (AMT, 2003b)

Méto

Figure marquante et structurelle pour la région métropolitaine, le métro de Montréal a été inauguré le 14 octobre 1966 dans le cadre de l'Exposition internationale de 1967. Il a connu depuis plusieurs prolongements subséquents afin d'accéder à sa structure actuelle, soit 68 stations réparties sur quatre lignes et 71.2 kilomètres de voies. Initialement composée de trois lignes parcourant 25 kilomètres, cette lourde infrastructure de transport a connu un premier prolongement pour les Jeux olympiques de 1976, sur la ligne verte, vers l'est, puis vers le sud-est en 1978. Entre 1980 et 1984, c'est au tour de la branche ouest de la ligne orange de voir le jour des stations Bonaventure à du Collège. La ligne bleue a été inaugurée en deux tronçons entre 1986 et 1988, alors que la station terminale Côte-Vertu venait compléter le prolongement de la ligne 2 ouest. Le premier prolongement du réseau depuis 1988, le prolongement de la ligne 2 est vers Laval, a été accompli en avril 2007 (AMT, 2003).

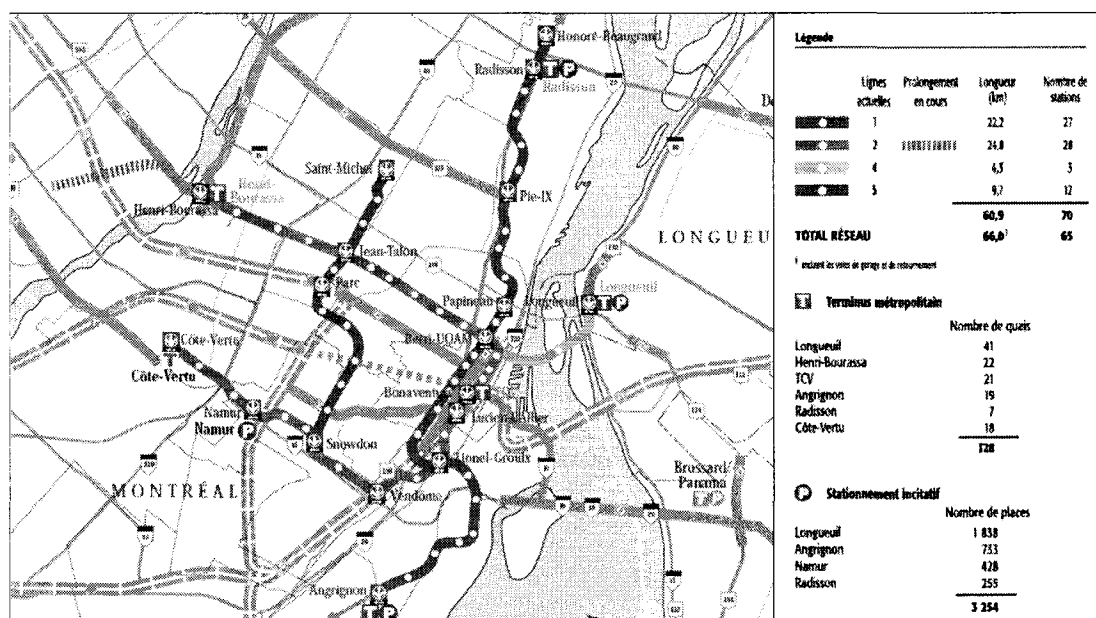


Figure 3-2 : Réseau du Métro de Montréal, 2002

Source : (AMT, 2003b)

Train de banlieue

Alimenté par de nombreuses places de stationnement incitatif, le réseau de trains de banlieue (Figure 3-3) dessert une clientèle de travailleurs et d'étudiants se déplaçant en période de pointe vers le centre-ville de Montréal.

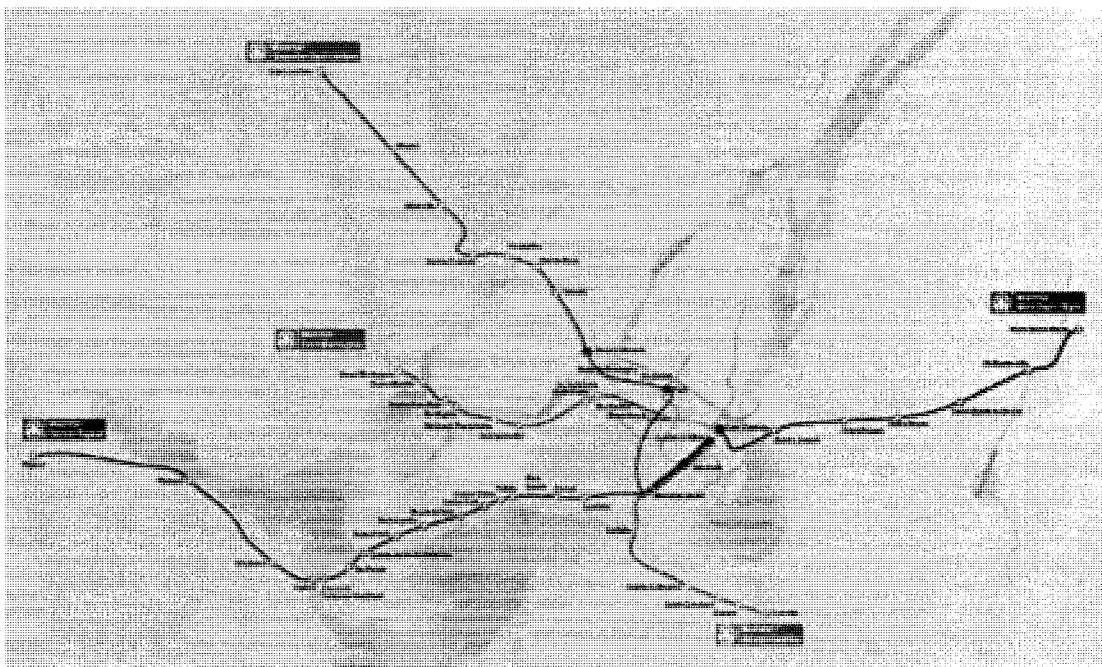


Figure 3-3 : Réseau de trains de banlieue, 2007

Source : (AMT, 2003a)

L'histoire du train de banlieue dans la grande région de Montréal remonte au début du siècle, mais de récentes rénovations sur le réseau ont remis le train parmi les modes de déplacements quotidiens.

Tableau 3-2 : Historique des lignes de trains de banlieue

Ligne	Années en service	
Deux-Montagnes	1918-	reconstruction 1995
Dorion-Rigaud	1889-	rénovations 1982-1989
Blainville	1882-1981	remise en service 1997
Mont-Saint-Hilaire	1859-1988	remise en service 2000
Delson	1887-1980	remise en service 2001

Source : (AMT, 2003b)

En 1996, l'Agence Métropolitaine de Transport (AMT) est créée et la responsabilité relative à l'exploitation des trains de banlieue lui revient. Depuis 2002, le réseau de train de banlieue de Montréal est constitué de cinq lignes reliant le centre-ville de Montréal à la banlieue plus ou moins éloignée de Montréal.

3.1.2 Offre de transport du réseau routier

Le réseau routier de l'ensemble de la grande région de Montréal comprend dans son ensemble (1998), 1 315 kilomètres d'autoroutes, 6 310 kilomètres d'artères collectrices et plus de 10 730 kilomètres de routes locales. La figure suivante représente la géométrie des rues de la totalité du réseau.

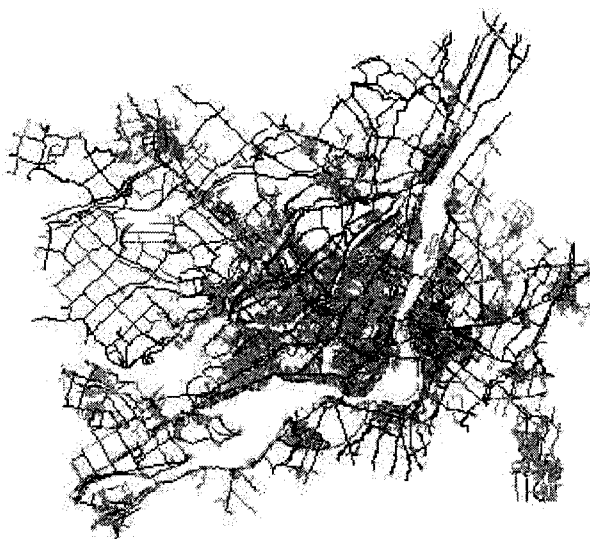


Figure 3-4 : Géométrie des rues de la grande région de Montréal

Source : (MADITUC, 2007)

3.2 Grande région de Montréal : un territoire en constante évolution

Le territoire de la région montréalaise ne cesse de s'agrandir et amène le territoire des enquêtes OD à se modifier. Toutefois, à des fins de comparaison entre les enquêtes, cette étude ne considérera qu'un territoire comparable, celui de 1982-1987.

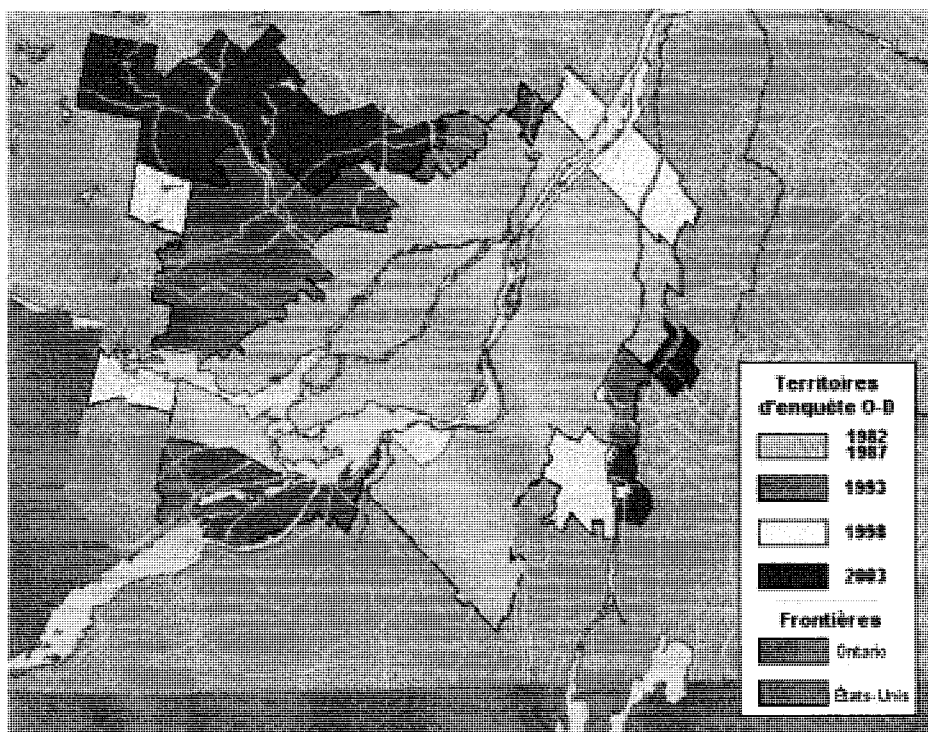


Figure 3-5 : Territoire d'enquête de la GRM, enquêtes de 1982 à 2003

Source : (AMT, 2007)

Agrégation et découpage du territoire

Le niveau de résolution de l'approche désagrégée, lors des enquêtes de 1982, 1987 et 1993, s'appuyait sur un découpage en 1500 zones, puis s'est affiné, lors de l'enquête de 1998 au niveau du code postal (75 000). Bien que l'agrégation spatiale induise des effets sur l'estimation des tendances et des modèles, une analyse agrégée permet de faire ressortir les grandes tendances des comportements, difficiles à cerner à l'aide de données individuelles désagrégées. L'étude des comportements urbains s'appuie généralement sur des découpages territoriaux arborant une signification géopolitique (Morency, 2004). L'analyse dans ce mémoire s'effectue sur la base d'un territoire d'étude divisée selon un découpage géopolitique, historiquement utilisé par les institutions montréalaises pour les études de la demande de transport. Il s'agit des secteurs municipaux, au nombre de 81 lors de l'enquête OD de 2003. Cependant, seuls les 65 premiers secteurs (0) y seront à l'étude, puisqu'ils sont regroupés sur le territoire

comparable de 1982. Ces secteurs seront par la suite agrégés en neuf régions afin de regarder les grandes tendances comportementales.

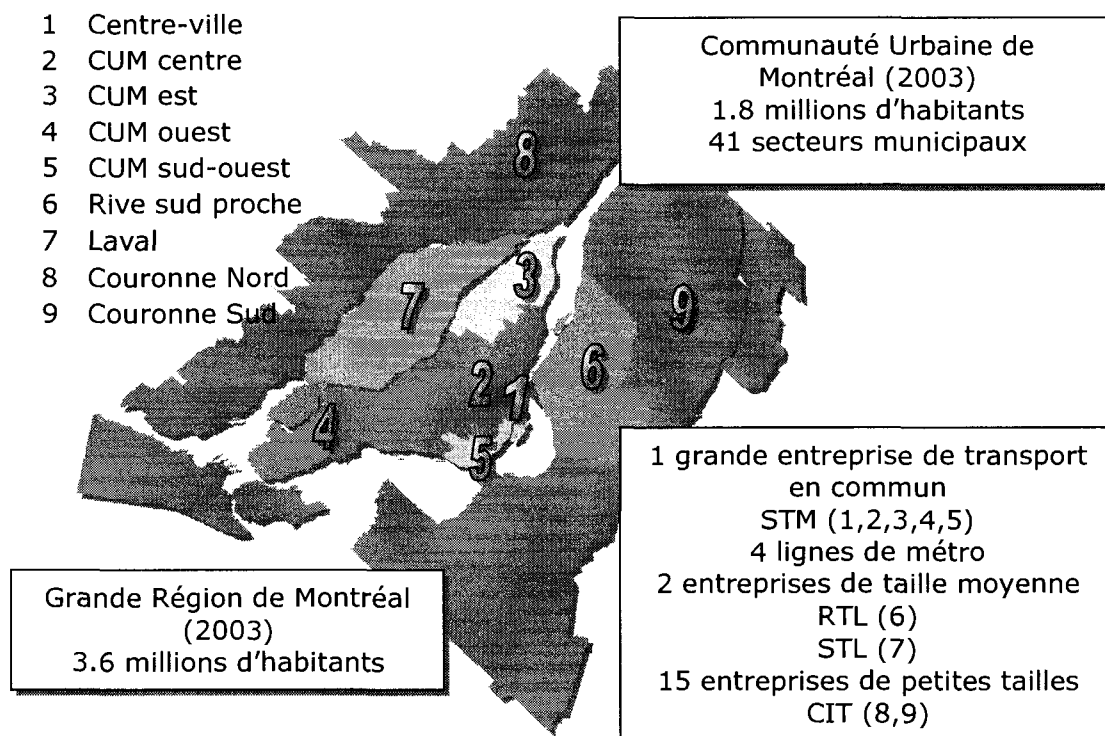


Figure 3-6 : Représentation du territoire d'enquête et du découpage en 9 régions

Le choix historique et géopolitique du découpage suscite un problème d'hétérogénéité, c'est-à-dire que chaque zone ne possède pas le même poids (même population ou même superficie). Les données des zones ne peuvent être comparées entre elles par des valeurs absolues; le choix de présenter des données relatives est donc expliqué par ce phénomène. Une certaine prudence est donc nécessaire lors du choix des indicateurs.

3.3 Enquêtes OD de 1982 à 2003

En 1970, la CTCUM nouvellement constituée entreprend sa première enquête origine-destination à grande échelle. Une enquête tous les cinq ans suivra depuis ce temps, avec un taux d'échantillonnage d'environ 5% des ménages totaux de la GRM. Cela représente, en 2003, près de 370 000 déclarations de déplacements d'environ 70 000 ménages et 170 000 personnes. Les grandes enquêtes OD

s'effectuent par entrevues téléphoniques et les informations recueillies portent sur les ménages, les personnes et sur tous les déplacements effectués par les membres du ménage pour un jour moyen de semaine. Les données agrégées fournies par MADEOD pour cette étude regroupent ces informations pour chaque grande enquête.

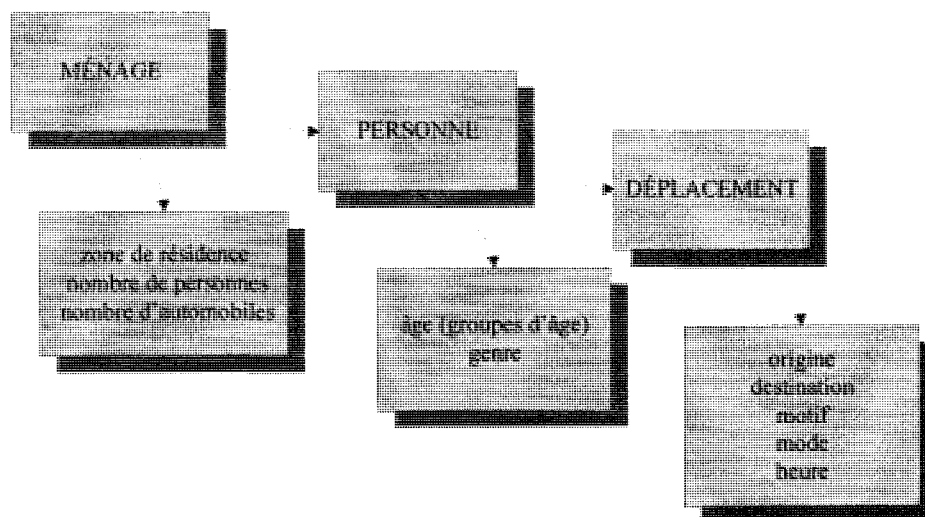


Figure 3-7 : Informations issues de MADEOD pour les cinq grandes enquêtes OD

L'analyse des données de la grande région de Montréal permet de mettre en lumière les grandes tendances de mobilité des personnes qui affectent les grandes villes des pays développés. De plus, ces enquêtes sont un outil indispensable pour connaître les pratiques de déplacement de la population, ainsi que pour élaborer et évaluer les politiques de transport dans les agglomérations (Chapleau et al., 2001). L'évolution des données de base des enquêtes est illustrée au Tableau 3-3. Sur la période de vingt ans séparant les enquêtes OD de 1982 et 2003, on perçoit une augmentation du nombre de ménages, mais surtout une importante hausse des ménages multi-motorisés. La population enregistre une hausse de 15% et le nombre d'automobiles, pour la même période, augmente de 57%. On est donc en présence de plusieurs phénomènes : une hausse du taux de motorisation des ménages, diminution de la taille de ceux-ci et taux de possession automobile de plus en plus élevé pour une population légèrement croissante. Des analyses ultérieures (Chapitre 4 et Chapitre 5) démontreront en détail ces relations.

Tableau 3-3 : Statistiques générales des enquêtes OD de la GRM

	1982	1987	1993	1998	2003	1982-2003
Ménages	1 065 640	1 135 330	1 250 380	1 325 230	1 367 710	28.3%
Motorisés	786 870	843 350	955 650	1 025 220	1 089 700	38.5%
Multi-motorisés	215 410	291 750	382 940	420 270	464 640	115.7%
Personnes	2 877 130	2 909 830	3 090 710	3 208 910	3 300 270	14.7%
Par ménage	2.70	2.56	2.47	2.42	2.41	-10.7%
Automobiles	1 030 460	1 204 690	1 415 910	1 539 040	1 619 170	57.1%
Par ménage	0.97	1.06	1.13	1.16	1.18	21.6%
Par ménage motorisé	1.31	1.43	1.48	1.50	1.49	13.7%

Source : MADEOD, Enquêtes OD, 1982, 1987, 1993, 1998, 2003

Une remarque s'impose sur le taux de déplacement de 1993. L'adoption d'une méthode plus incitative des déclarations des activités effectuées en milieu de travail a résulté en une augmentation des taux de déplacements par rapport aux autres enquêtes OD. Cependant, sur la période de pointe du matin, cette compilation n'a eu que très peu de conséquence sur l'analyse des déplacements (Chapleau et al., 2002).

3.4 Recensement canadien de 2001

Tous les cinq ans, Statistique Canada mène un recensement afin de broser un portrait statistique du pays et de sa population. Près de 500 variables socio-démographiques et économiques sont observées à un taux d'échantillonnage de 20%. Les données de 976 secteurs de recensement, regroupés en 846 SR pour des fins de confidentialité, ont été analysées.

L'utilisation en parallèle de données provenant de plusieurs bases de données consiste à introduire certaines variables socio-économiques, démographiques et urbaines telles que le revenu moyen des ménages, le niveau de scolarité, le type d'unité de logement habité, afin d'améliorer la compréhension des phénomènes de mobilité. Sous un certain point de vue, la fusion des données du recensement canadien et des enquêtes OD vise à mettre en relation les caractéristiques de jour et de nuit d'une population (Chapleau et al., 1993). Certaines données provenant du recensement canadien de 2001 ont été couplées aux données de l'enquête OD

2003 afin de rendre disponible une plus large variété de variables explicatives des comportements de mobilité de la population montréalaise. Puisqu'aucune concordance n'existe entre les secteurs d'enquêtes OD et ceux des recensements, une méthode de fusion des centroïdes des secteurs de recensement inclus dans l'aire des secteurs municipaux a été appliquée pour joindre les données du recensement canadien à celles des enquêtes OD. Voici une représentation géographique des territoires d'enquêtes OD et des recensements.

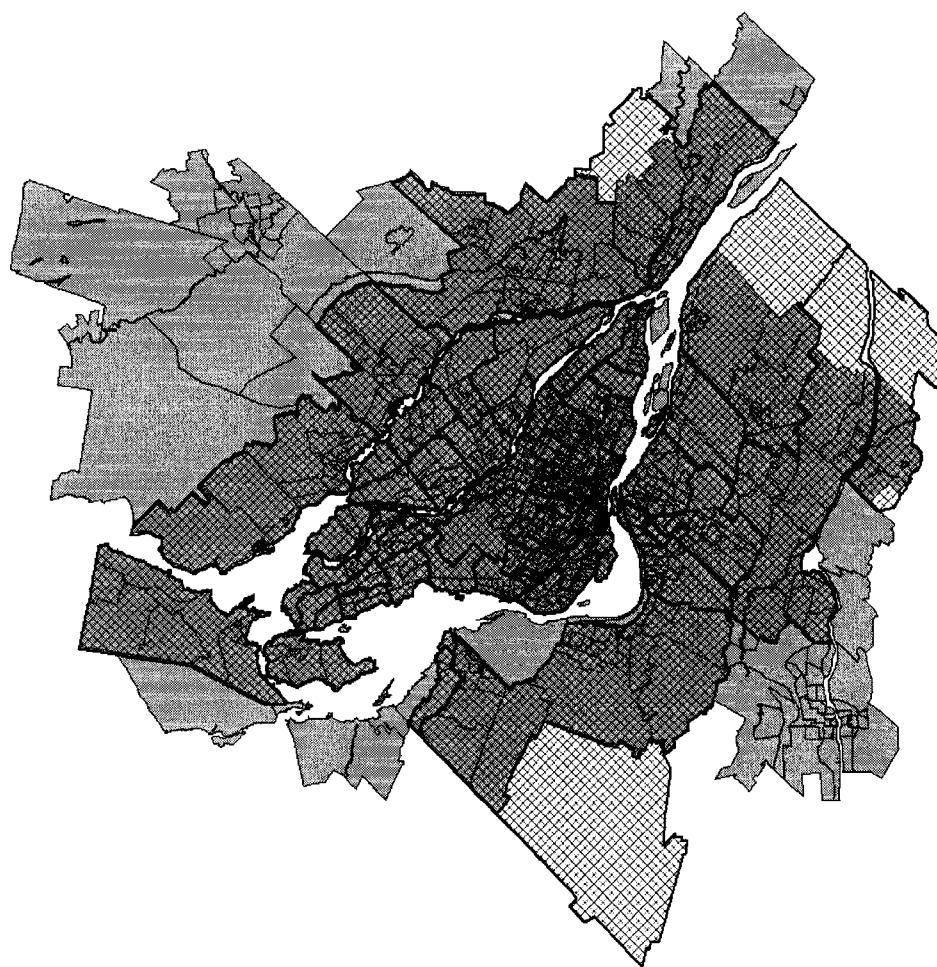


Figure 3-8 : Territoire du recensement (couleur uniforme) et des enquêtes OD (quadrillé) de la grande région de Montréal

Source : Statistique Canada, territoire du recensement 2001 & Enquêtes OD, territoire comparable de l'enquête OD 1982

3.5 Instruments interactifs d'accès à la connaissance

« Les outils ne sont pas figés, définitifs, mais sont la rencontre à un instant donné d'une pensée et d'un contexte d'intervention »

(Jarrosso, 1997)

Dans l'esprit de l'enjeu de clarification des concepts de déplacement développés pour représenter et évaluer plus adéquatement l'utilisation des différents modes et réseaux de transport, l'intégration des concepts par le biais d'instruments interactifs d'accès à la connaissance est primordiale. Pour ce faire, deux instruments interactifs de consultation de données d'enquêtes OD sont mis à contribution. Les synthèses des données d'enquêtes telles que celles effectuées avec les outils MADEOD et MOBSPAT se doivent d'être disséminées de manière interactive (Chapleau, 1995).

MADEOD (Enquêtes OD de 1982-1987-1993-1998-2003) : instrument interactif de consultation des données d'enquêtes OD sous une perspective territoriale et sous différentes agrégations : 65 secteurs et 9 régions. Les données agrégées des cinq enquêtes OD proviennent de cette application où les différents objets urbains sont représentés : personnes, ménages (selon leur appartenance à une zone de résidence) et déplacements (selon l'appartenance spatiale de leurs extrémités).

En plus d'être un outil itératif de consultation à l'aide du tableur Excel, *« cet outil apporte un raffinement conceptuel important en introduisant les concepts de déplacement-mode et déplacement-réseau qui permettent d'apprécier plus justement le rôle des différents modes (autobus, métro, automobile) et réseaux (STM, RTL, STL) dans la mobilité quotidienne des Montréalais »* (Morency, 2004).

La catégorie des déplacements bimodaux étant devenue un mode indépendant pour l'analyse du choix du mode, il est primordial de savoir comment ils sont traités. La réalité d'un déplacement comportant l'utilisation de plusieurs modes est abordée afin de distinguer le déplacement-personne et le déplacement-mode.

Selon une définition de l'enquête 1982, le mode de transport associé au déplacement suit une séquence de priorité définie par l'utilisateur des données. La séquence de priorité des modes retenue est celle-ci : 1-Métro, 2-Autobus(CTCUM),

3-Autobus(CTRSM), 4-Autobus(CTL), 5-Automobile, 6-Autres autobus, 7-Autobus scolaire, 8-Taxi, 9-Train, 10-Moto, 11-Vélo [CTCUM, 1983] cité par (Chapleau et al., 2002).

Selon MADEOD, la répartition des déplacements entre les modes a été calculée, non pas avec priorité de mode (déplacement-motif), mais selon le principe de déplacement-mode. Cela implique, selon la définition usuelle d'un déplacement (motif), que tous les segments empruntés ont été calculés comme un déplacement, même s'il s'agit de la même personne se déplaçant pour un motif donné. Le schéma de la Figure 3-9 illustre la décomposition d'un déplacement sous la perspective de modes et de réseaux (Chapleau et al., 2002).

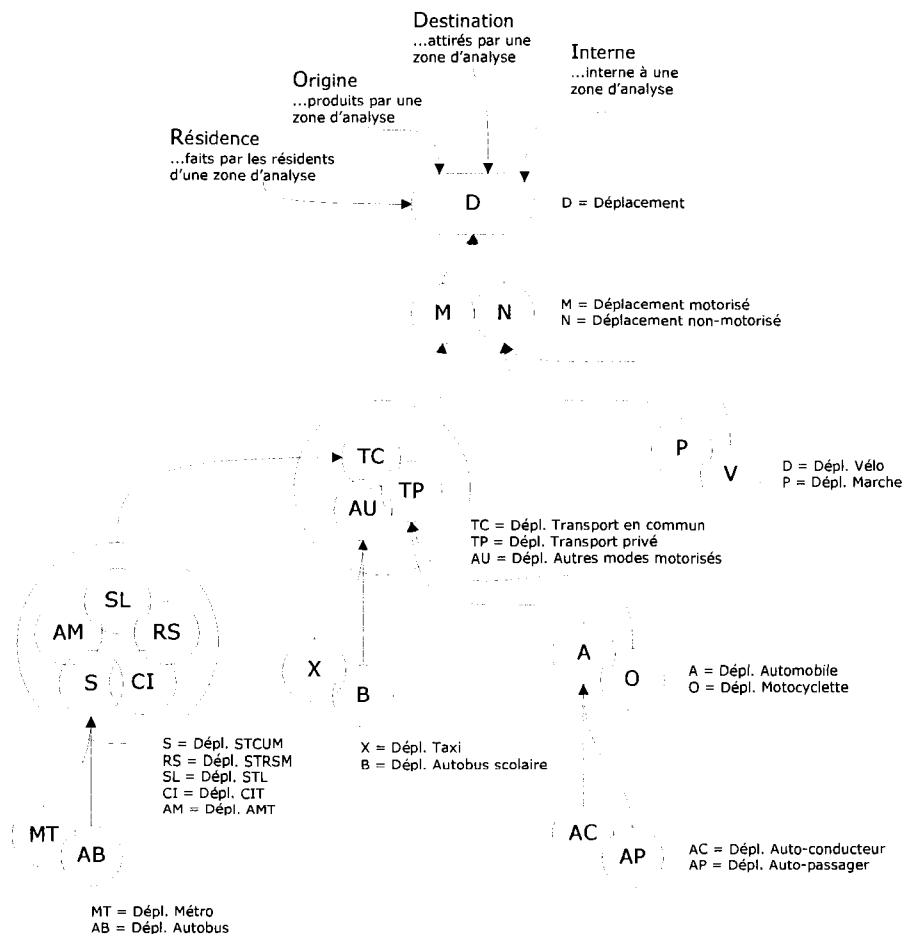


Figure 3-9 : Décomposition d'un déplacement selon différentes perspectives de modes et de réseaux

Source : (Chapleau et al., 2002)

Pour un territoire géopolitique, ce nouveau concept de décomposition complète des modes de transport permet l'élaboration d'un « *compte client appliqué aux résidents* », autorisant l'étude des distorsions tarifaires ou financières amenées par les réseaux ou les infrastructures de transport (Chapleau, 1992a). C'est donc dans le but d'une « *recherche d'une équité conceptuelle* » qu'est apparu ce concept de déplacement-mode.

MOBSPAT (MOBilité SPATialisée) : Contribution principale de ce mémoire, il s'agit d'un outil de consultation des données d'enquêtes OD sous une perspective territoriale et sous différentes agrégations : 65 secteurs et 9 régions.

Cet outil a été construit avec les données agrégées portant sur les différents objets urbains inclus dans MADEOD. Les personnes (genre et âge), les ménages (personnes, automobiles) et les déplacements (modes et motifs) sont présents selon leur lieu de domicile ou l'appartenance spatiale de leurs extrémités. Différents indicateurs de mobilité ont par la suite été calculés à partir de ces données.

Reprise d'une idée de logiciel développé dans un but académique par Chapleau et Dagenais, 1980 (Chapleau et al., 1985), ce logiciel, écrit en Fortran (sur main frame) à l'époque, déploie les données demandées par l'utilisateur sur une carte géographique de la GRM, schématisée en 65 secteurs, puis calcule certaines statistiques descriptives en regroupant les secteurs selon les neuf régions administratives.

Développé cette fois-ci dans une application Excel, où est représenté schématiquement le territoire à l'étude, cet outil d'analyse permet de bonifier la représentation des SIG, au niveau de la schématisation, par une visualisation spatiale simultanée de plusieurs variables, trois en l'occurrence, provenant des enquêtes OD ou des recensements. La représentation principale de la GRM en 65 secteurs, enrichie par un niveau d'agrégation supérieur (9 régions) se traduisant par une association de couleur, résulte d'un choix interactif de trois variables sélectionnées. Des statistiques descriptives permettent de situer les valeurs associées à un secteur donné par rapport à l'ensemble des valeurs de la GRM (Figure 3-10). De plus, des analyses statistiques classiques telles que des analyses

de corrélations ou des modèles de régressions linéaires avec multiples variables peuvent être produites automatiquement à l'aide de l'application Excel.

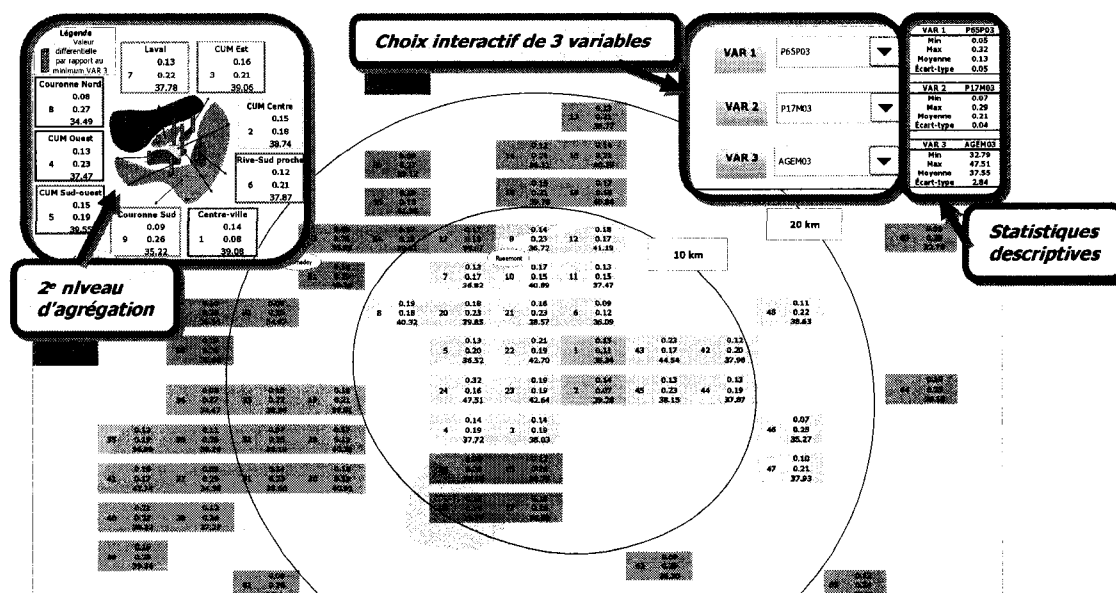


Figure 3-10 : Représentation MOBSPAT

En parallèle, plusieurs coefficients peuvent être calculés interactivement par le choix d'un ensemble de variables dépendantes, une variable indépendante ainsi qu'une forme de régression (Figure 3-11). Cet outil peut s'adapter à toute région métropolitaine et constitue une méthode de visualisation des données plus raffinée avec des outils de visualisation 3D ou des GIS.

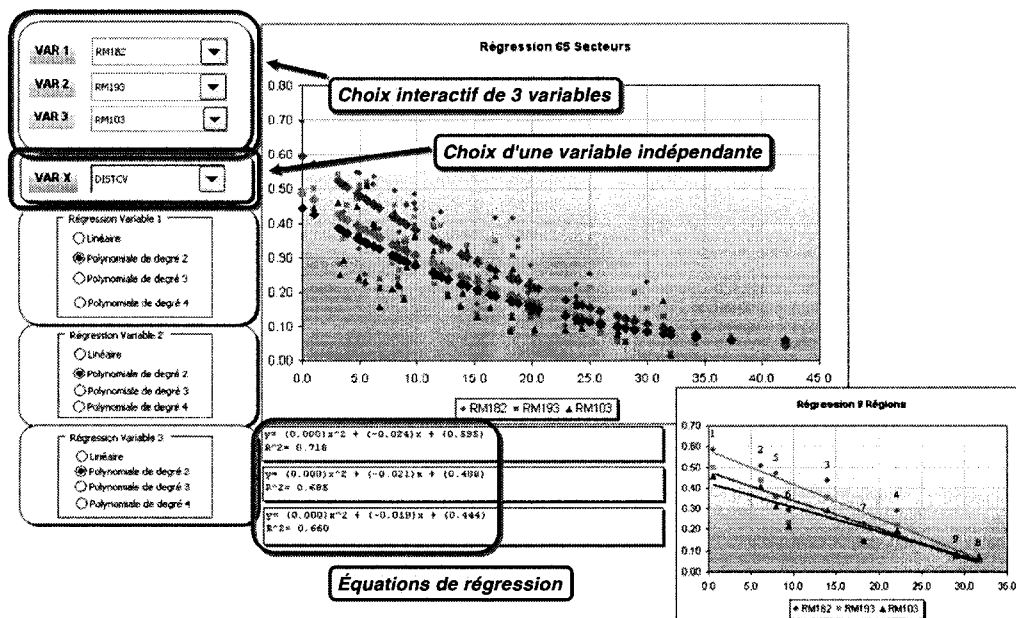


Figure 3-11 : Outil interactif de régression complémentaire à MOBSPAT

MOBSPAT permet donc l’affichage d’une série de trois variables au choix de l’utilisateur sur un territoire schématisé en 65 secteurs ainsi que le calcul de coefficients de régression pour les différents paramètres choisis. En parallèle à ces deux représentations, des fichiers exécutables sont créés dans *QuikGrid* (PerspectiveEdge.com, 2007), un logiciel de représentation de surfaces 2D et 3D conçues à l’aide de points dispersés. Ces fichiers permettent de visualiser rapidement, en deux et trois dimensions, le trio de variables interactivement choisi par l’utilisateur (Figure 3-12). Les paramètres sur la précision de la grille formant la surface ainsi que sur celle des lignes de contours sont également modifiables au gré de la résolution désirée.

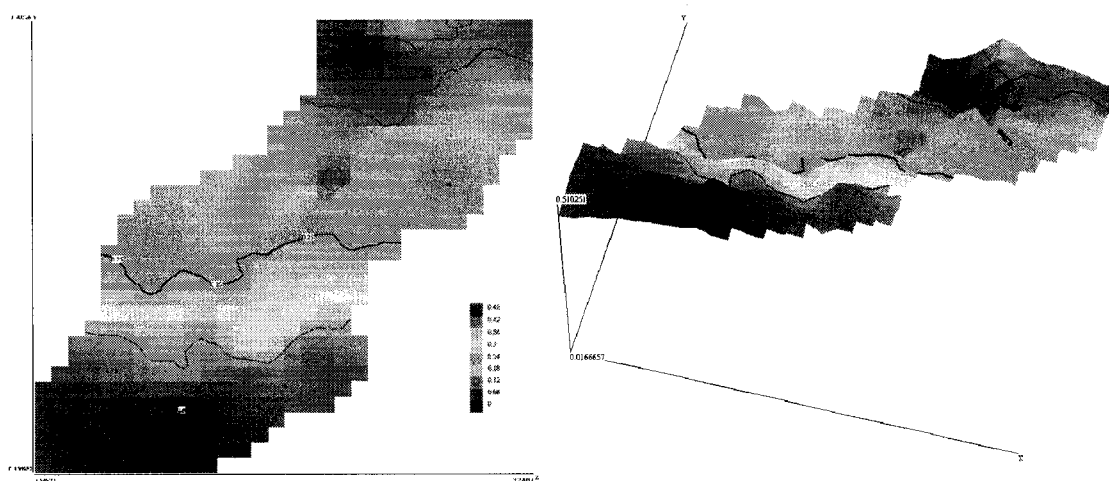


Figure 3-12 : Représentations 2D et 3D complémentaires à MOBSPAT

En conclusion, cet outil de consultation de données d'enquêtes, développé de manière interactive sur une application Excel, a permis le traitement systématique des données d'enquêtes OD et l'analyse spatio-temporelle de la question de la répartition modale. Ces multiples fonctionnalités, une représentation graphique schématisée accompagnée de modèles de régression, permettent une consultation interactive, reproductible et ayant une bonne capacité d'adaptation à toute région ou territoire.

CHAPITRE 4. DESCRIPTION ET ILLUSTRATION SPATIO- TEMPORELLE DES PRINCIPALES TENDANCES EXPLICATIVES DES COMPORTEMENTS DE MOBILITÉ DANS LA GRANDE RÉGION DE MONTRÉAL

À l'aide d'une série d'outils, de techniques et des méthodes graphiques, le présent chapitre tente de décrire et d'illustrer, de façon temporelle et spatiale, les grandes tendances sociales, économiques et urbaines, de même que les tendances de mobilité et les comportements modaux des personnes dans la grande région métropolitaine.

Tout d'abord, selon une analyse agrégée à divers niveaux, une étude sur les grandes tendances spatio-temporelles, l'étalement urbain, le vieillissement de la population, les variations dans la structure des ménages de même que la hausse de la motorisation et l'influence du revenu sera présentée. Par la suite, une caractérisation des marchés de mobilité sera élaborée afin d'établir un portrait de la mobilité des personnes et ménages de la région métropolitaine.

Par la suite, afin de mieux comprendre la répartition modale, une observation des comportements de déplacements de diverses clientèles cibles permettra de distinguer les variables significatives influençant la répartition modale. Cette approche, utilisant les informations contenues dans les enquêtes OD, permet de réaliser une étude comparative de trois secteurs distincts et d'en apprécier les différences nettes de la demande de transport ainsi que de caractériser la clientèle du métro de Montréal.

4.1 Grandes tendances spatio-temporelles (1982 à 2003)

Les tendances lourdes des vingt dernières années permettent la caractérisation de la mobilité en permettant l'intégration des préoccupations sociales, économiques et urbaines dans le processus de planification de la ville. La visualisation de ces tendances dans un rapport spatio-temporel permet d'explorer une tentative d'explication de la dynamique urbaine de la région métropolitaine.

À partir des données des cinq dernières enquêtes OD à Montréal, plusieurs facteurs ont pu être quantifiés et leur évolution spatiale et temporelle analysée.

Des facteurs socio-démographiques tels que le vieillissement de la population, la modification des caractéristiques des ménages et leurs impacts sur la mobilité ont été analysés afin de comprendre la dynamique sociale du milieu urbain montréalais. Le modèle mathématique qui tente d'expliquer la répartition modale requiert, a priori, la compréhension des phénomènes que l'on cherche à modéliser. Cette section présente l'identification et la sélection des variables que l'on cherche à comprendre.

Tableau 4-1 : Résumé des grandes tendances observées de 1982 à 2003

	1982	1987	1993	1998	2003	82-03
MÉNAGES	1 065 640	1 135 320	1 250 380	1 325 230	1 367 710	28.3%
Taille moyenne	2.70	2.56	2.47	2.42	2.41	-10.6%
Motorisation	0.97	1.06	1.13	1.16	1.18	22.4%
% mén. de 1 pers.	19.6%	21.8%	25.7%	27.0%	31.0%	58.1%
% sans auto	26.6%	25.2%	24.0%	22.6%	22.3%	-16.4%
% mén. sur IDM	66.6%	65.1%	62.2%	59.7%	58.9%	-11.5%
% autos sur IDM	56.5%	53.8%	49.7%	47.8%	46.5%	-17.7%
Densité de mén.	319	340	374	397	409	28.3%
PERSONNES	2 877 130	2 909 830	3 090 710	3 208 910	3 300 270	14.7%
Âge moyen	33.6	35.0	35.2	36.3	37.6	11.6%
% 65 ans et +	9.1%	10.0%	8.9%	12.1%	12.8%	41.0%
% 17 ans et -	23.7%	22.1%	23.0%	22.3%	21.3%	-10.4%
% pers. non-mobile	24.7%	20.3%	14.0%	15.7%	15.5%	-37.4%
% pers. sur IDM	61.8%	60.2%	57.5%	55.3%	54.9%	-11.1%
Densité de pers.	861	871	925	961	988	14.7%
DÉPLACEMENTS	1 404 760	1 551 480	1 592 230	1 671 870	1 805 280	28.5%
Dépl. Motorisés	84.4%	86.8%	88.0%	88.9%	89.7%	6.2%
Dépl. Auto	47.8%	54.8%	58.2%	62.5%	63.7%	33.3%
Dépl. TC	28.6%	25.3%	22.5%	19.6%	20.3%	-29.1%
Dépl. Vélo	0.6%	0.6%	0.7%	0.9%	1.0%	66.7%
Dépl. Marche	15.0%	12.5%	10.9%	9.9%	9.2%	-38.8%
RM (TC/Motorisés)	34.4%	29.5%	26.2%	22.6%	23.2%	-32.5%
Mobilité (Dépl./pers.)	0.49	0.53	0.52	0.52	0.55	12.0%

Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003

Les lois d'augmentation de la taille des ménages et de la motorisation avec la distance au centre-ville (CV) sont confirmées. Le secteur du CV affiche une moyenne, en 2003, de 1.78 personnes et 0.58 automobile par ménages; les banlieues, représentées par les Couronnes Nord et Sud présentent, pour leur part,

une moyenne de 2.76 personnes et 1.69 automobiles. De plus, ce tableau relate certaines caractéristiques de la région métropolitaine, par exemple :

- Diminution de la taille des ménages;
- Augmentation de la proportion de ménages de 1 personne à plus de 30% de la population totale de ménages;
- Augmentation de la possession automobile des ménages;
- Diminution du taux de résidence sur le territoire de l'Île de Montréal;
- Vieillesse de la population; l'âge moyen et la proportion de personnes de 65 ans et plus diminue avec l'éloignement au CV;
- Augmentation générale de la mobilité;
- Diminution du taux quotidien d'utilisation des transports en commun;
- Diminution de la part de marché du transport en commun.

Sur une période de vingt ans, la population totale de la GRM est restée pratiquement constante, augmentant de seulement 14.7%. Elle a vieilli, s'est décentralisée, s'est étendue et déconcentrée. Les explications suivantes permettent de suivre et de visualiser ces évolutions des deux dernières décennies. On observe sur ce graphique, un résumé de l'évolution des caractéristiques globales des neuf secteurs de la GRM.

Du point de vue social, il est possible de remarquer une forte diminution de la taille des ménages (personnes/ménage), entre -6.6% et -15.7% pour toutes les régions sauf celle du Centre-ville où une légère hausse de +1.6% est observée. Toutefois, cette région présente, en absolu, la taille moyenne (2003) la plus faible avec 1.72 personnes/ménage.

La motorisation, indicateur économique, subit une hausse entre 10.3% et 26.4%. Elle est particulièrement marquée dans les couronnes Nord et Sud (avec une croissance respective de +26.4% et +25.4%). Ceci les amène à avoir, en 2003, un taux moyen de 1.68 et 1.71 automobiles par ménage par rapport à 0.48 pour les résidents du Centre-ville.

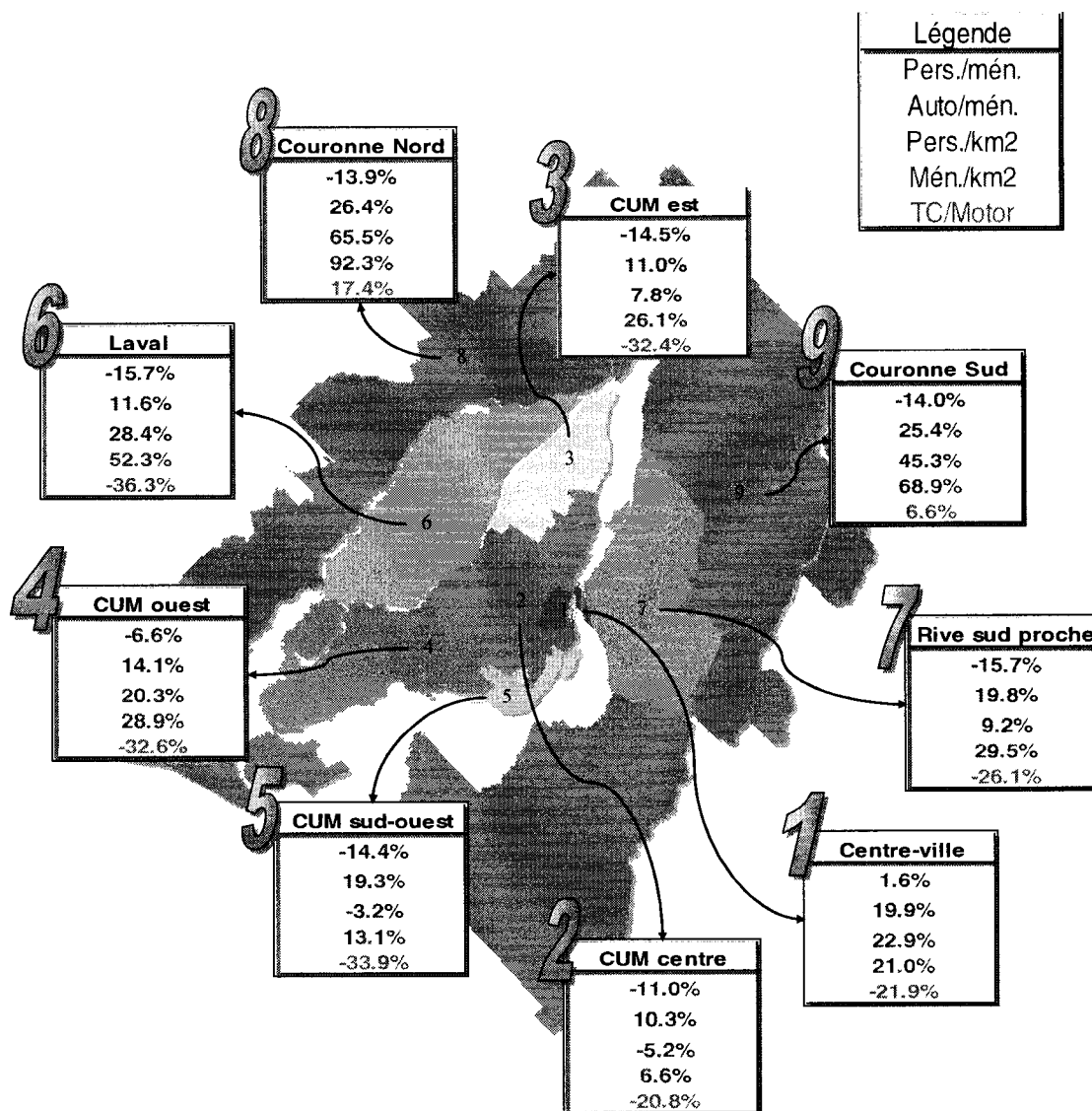


Figure 4-1 : Évolution (1982-2003) des caractéristiques socio-démographiques – Part modale des déplacements des résidents – PPAM

Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003
emprunté de (Bourgeois et al., 2007)

Du côté urbain, la densité de population diminue dans les secteurs adjacents au Centre-ville (2, 5, 7), reste constante dans le secteur est de l'île de Montréal (3) et augmente dans les régions lorsque la distance au Centre-ville augmente. Le phénomène de l'étalement urbain est déjà perceptible. Par contre, en observant un autre indicateur de la densité, la densité des ménages, on remarque une hausse dans tous les secteurs et particulièrement dans les couronnes Nord et Sud,

respectivement 92% et 69%. Cette hausse importante de la densité des ménages s'explique particulièrement par la baisse de la taille des ménages qui a été présentée ci-haut.

Sur les comportements de mobilité, la tendance générale est celle d'une baisse importante de la part des transports en commun, sauf dans les Couronnes Nord et Sud où l'on observe une variation respective de +17% et +7%. Cela s'explique par une part modal du transport en commun déjà très faible en 1982 (6-7%).

L'observation de ces données spatio-temporelles permet donc de tirer quelques conclusions notamment le fait que la GRM a subi, au cours des vingt dernières années, une diminution de la taille des ménages et une hausse de la motorisation combinée à une baisse de la part des TC.

4.1.1 Phénomène de l'étalement urbain

L'analyse de la mobilité doit s'apprécier dans le contexte urbain global et se situer par rapport aux tendances d'étalement de la population et de l'habitat. Dans la GRM, on remarque ces dernières années, après une explosion des années '80, une tendance au ralentissement de l'étalement urbain dans les 65 premiers secteurs à l'étude. En effet, les données de population de même que celles des périodes de construction résidentielle en démontrent cette tendance. Cependant le territoire étant en pleine expansion, l'étalement urbain se fait ressentir maintenant sur une région plus étendue que celle analysée ici, celle de l'enquête OD de 1982.

Population

Pendant que la population totale de la CUM augmentait d'un maigre 2.0% durant les deux dernières décennies, les régions des banlieues voyaient leur population augmenter jusqu'à 65.5% sur la Couronne Nord. La croissance de la population a connu une explosion importante entre les enquêtes de 1987 et 1993 pour diminuer continuellement par la suite et jusqu'à maintenant. À l'intérieur même de la CUM, les différents secteurs ont connu des variations disparates entre eux, et au fil des années. Bien que le Centre-ville, l'ouest et l'est de l'île de Montréal aient connu des augmentations de 22.9%, 7.8% et 20.3% respectivement, celles-ci sont contrebalancées par les baisses importantes dans les secteurs centre et sud-ouest.

Tableau 4-2 : Population de la GRM

	1982	2003	82-87	87-93	93-98	98-03	82-03
CUM	1777390	1812660	-1.4%	1.3%	0.0%	2.1%	2.0%
Centre-ville	61 160	75 190	9.7%	4.3%	3.9%	3.4%	22.9%
CUM centre	1 013 540	961 300	-4.4%	-1.7%	-1.1%	2.1%	-5.2%
CUM est	274 810	296 310	3.1%	3.9%	-0.3%	1.0%	7.8%
CUM ouest	278 780	335 500	2.9%	9.6%	3.9%	2.8%	20.3%
CUM sud-ouest	149 100	144 370	-1.9%	-0.7%	-2.7%	2.2%	-3.2%
Hors-CUM	1099740	1487610	5.3%	13.6%	9.0%	3.8%	35.3%
Rive sud proche	318 730	348 030	1.7%	6.9%	0.8%	-0.4%	9.2%
Laval	267 050	343 010	6.4%	10.6%	5.1%	3.8%	28.4%
Couronne Nord	247 030	408 800	8.9%	24.1%	15.1%	6.4%	65.5%
Couronne Sud	266 940	387 770	5.0%	14.3%	15.4%	4.9%	45.3%
GRM	2 877 130	3 300 270	1.1%	6.2%	3.8%	2.8%	14.7%

Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003

Construction résidentielle

L'analyse des périodes de construction résidentielle permet d'observer les mêmes conclusions que celles concernant l'exode des populations vers les régions périphériques. En effet, sur le territoire comparable de 1982, le phénomène de l'étalement urbain subit un ralentissement depuis l'enquête de 1993. Toutefois, le territoire de la grande région métropolitaine s'agrandit depuis les deux dernières décennies et l'étalement urbain se fait ressentir au delà du territoire étudié. Les courbes (Figure 4-2) pour chaque période montrent un étalement des nouvelles constructions résidentielles, de plus en plus distantes du CV. Toutefois, depuis la dernière décennie, on remarque un ralentissement du rythme d'étalement, résultat attendu du vieillissement des baby-boomers (Chapleau et al., 2000).

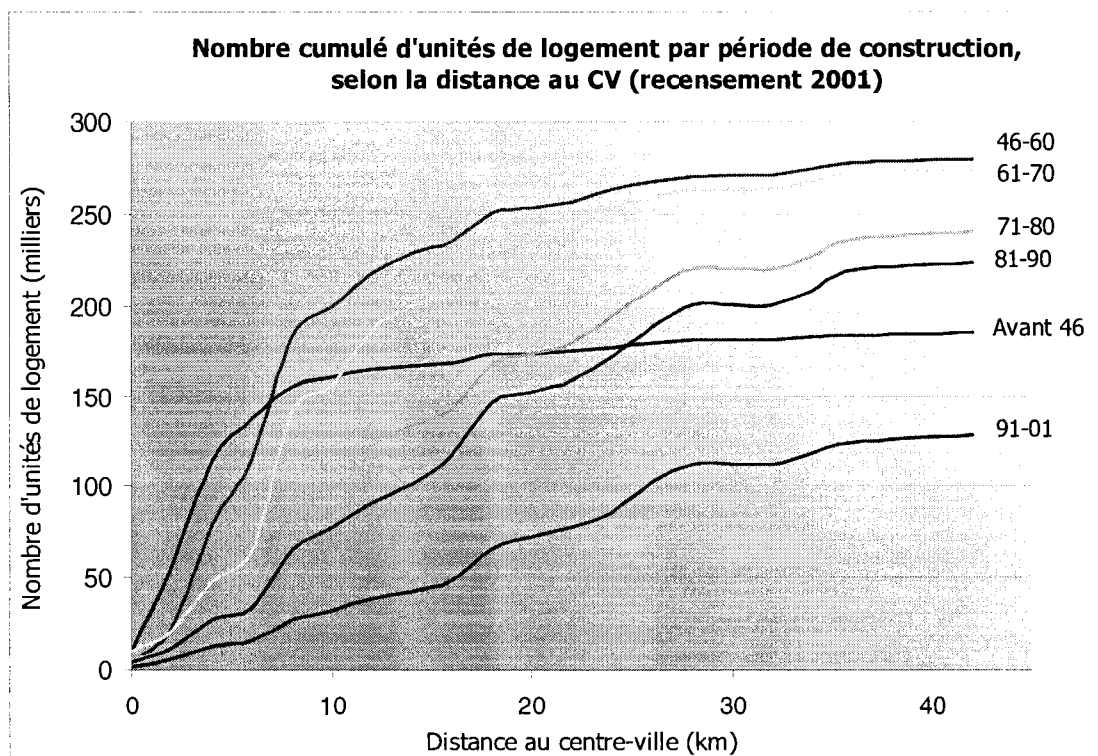


Figure 4-2 : Unités de logement construites selon la distance au Centre-ville

Source : Recensement 2001

De plus, la Figure 4-3 montre les neuf régions administratives de la GRM et permet d'apprécier l'hétérogénéité de la répartition des unités de logements selon leur période de construction. Dans les couronnes, seulement 25% des unités de logements se sont construites avant 1970 tandis qu'inversement, au CV (1), dans la CUM centre (2), et dans la CUM sud-ouest (5), plus de 20% des constructions résidentielles se sont édifiées avant 1946. Les secteurs périphériques au centre de l'île de Montréal, soit l'est et l'ouest de la CUM (3,4), de même que les banlieues proches (6,7) possèdent une répartition similaire. La plus fructueuse période de construction résidentielle pour ces secteurs a été celle de 1961 à 1970, représentant 23 à 30% de l'ensemble des résidences.

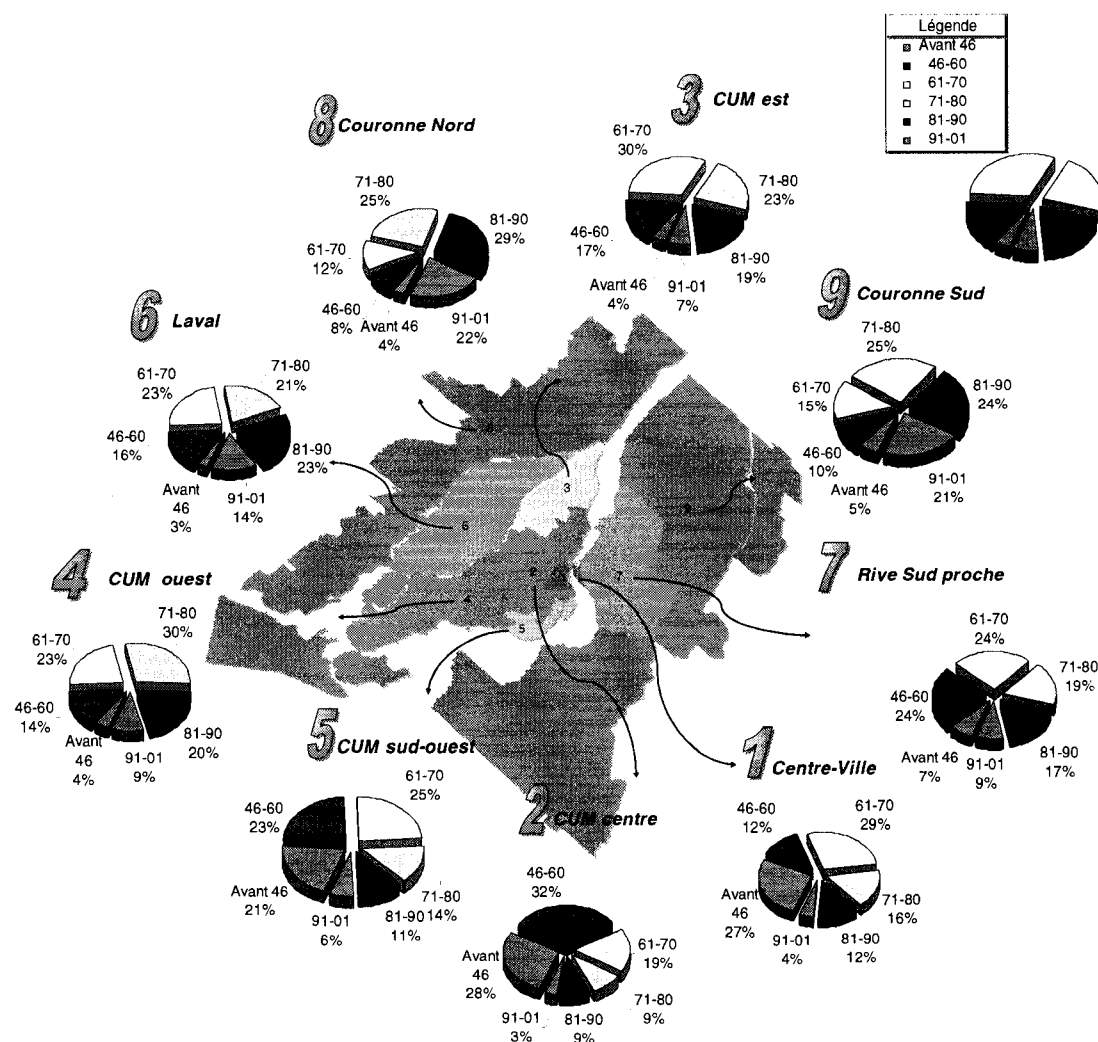


Figure 4-3 : Répartition des unités de logement par périodes de construction – GRM divisée en 9 Régions

Source : Recensement 2001

Forte relation avec la distance au CV

Le développement de la région métropolitaine s'étant fait de façon radio-concentrique, de nombreux phénomènes spatio-temporels s'expliquent en considérant le CV comme noyau central. Par exemple, la diminution de tous les indicateurs urbains du trio ménage-personne-déplacement, pour des rayons de dix et vingt kilomètres du centre-ville indique de l'exode vers les régions périphériques ou de la croissance plus importante dans ces régions.

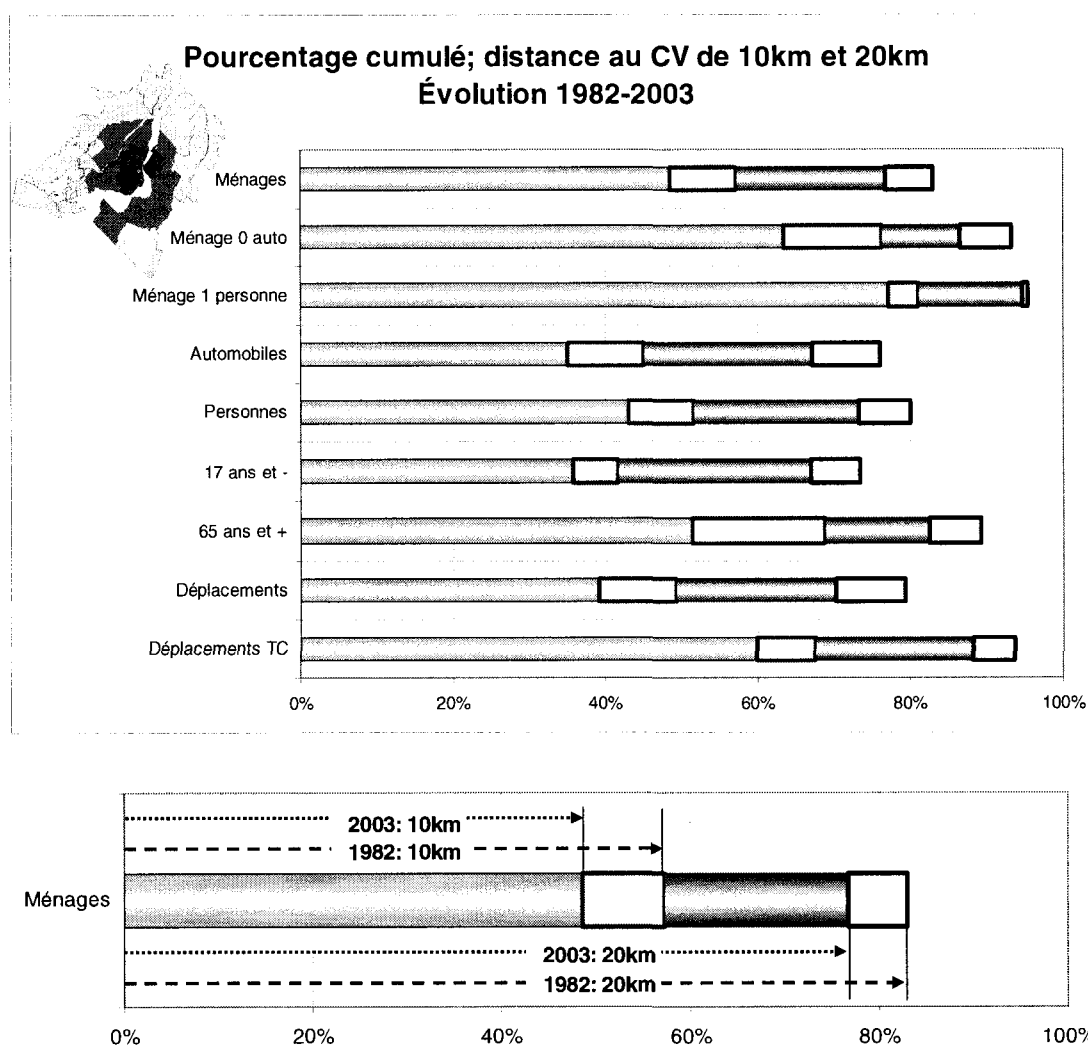


Figure 4-4 : Évolution (1982-2003) de divers indicateurs urbains cumulés pour des rayons de 10 et 20 kilomètres du centre-ville

Source : Enquêtes OD 1982, 2003 - emprunté de (Morency et al., 2003)

Ce graphique présente certaines réalités concernant la région métropolitaine. Les proportions respectives de ménages et automobiles sont en décroissance dans les rayons à l'étude, confirmant ainsi une possession automobile des ménages plus importante dans les territoires plus éloignés du CV.

Les pourcentages de personnes âgées (65 ans et plus) et de jeunes (0-14 ans) évoquent les différences démographiques entre populations centrales et populations périphériques. Par ailleurs, le vieillissement bien connu de la

population se répercute par une présence plus importante des personnes âgées dans la banlieue proche. En 1982, 68.7% des personnes âgées (65 ans et plus) vivait dans la zone de dix kilomètres du CV, comparé à 52.3% pour la population active (15-64) et à 40.4% pour les enfants de 0-14 ans. Vingt ans plus tard, seulement 51.3% des personnes âgées, 43.4% des adultes et 35.8% des enfants résidait dans cette enceinte de dix kilomètres. Cela représente une diminution respective de 25.4%, 17.1% et 11.4% pour chaque groupe. Les personnes âgées s'étendent donc sur le territoire plus rapidement que les autres segments de la population.

Finalement, plus de 60% des déplacements transport en commun sont effectués par des résidents demeurant à l'intérieur de dix kilomètres du centre-ville; cette proportion est de plus de 88% à une distance euclidienne du centre-ville de vingt kilomètres.

4.1.2 Vieillissement de la population

La population globale est demeurée pratiquement constante, elle a vieilli et s'est déconcentrée. Le graphique suivant présente la distribution démographique de 2003, par cohorte de cinq ans, pour la Ville de Montréal, la CUM, et les banlieues (hors-CUM). Le centre urbain regroupe particulièrement les cohortes entre 20-35 ans et un faible pourcentage d'enfants y sont présents. Les banlieues quant à elles sont composées d'une majorité de familles, elles mêmes représentées par une grande proportion d'enfants (0-20ans) et d'adultes (35-50 ans). De plus, la présence des personnes âgées de plus de 65 ans y est particulièrement faible.

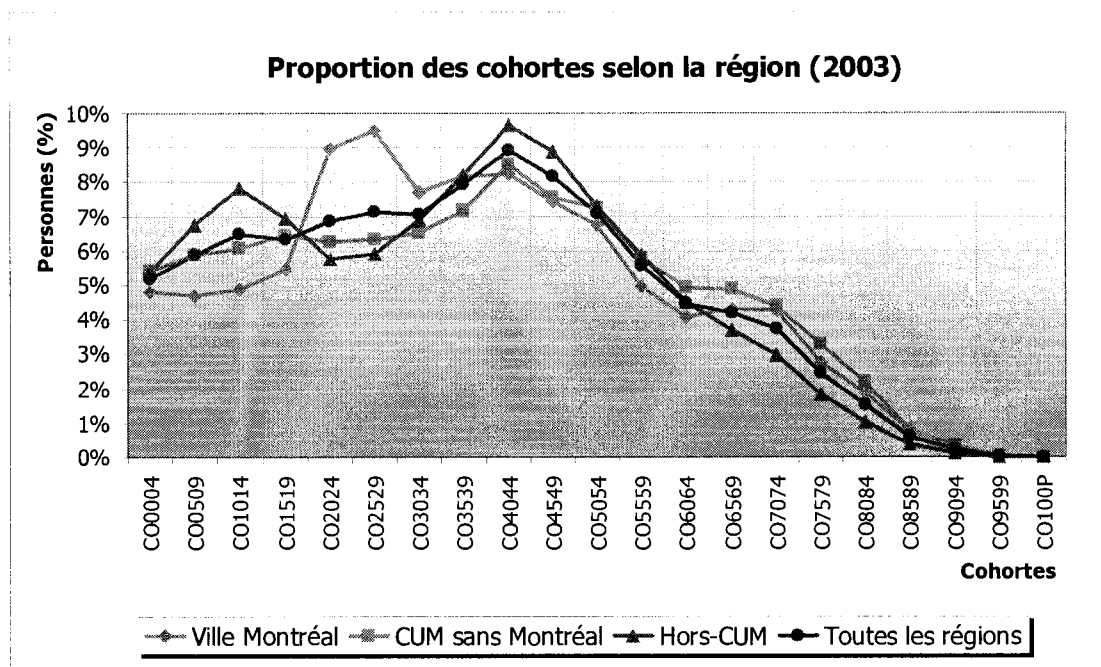


Figure 4-5 : Distribution des cohortes selon trois découpages de la GRM (2003)

Source : Enquête OD 2003

Ces variations n'ont cependant pas la même intensité dans l'espace (Figure 4-6). La variation de l'âge moyen dans la GRM est de +11.6% mais est de -3.5% au CV et de plus de +32.4% à Brossard (Couronne Sud). L'évolution de l'âge moyen est plus dynamique avec l'éloignement au CV, de même que la tendance de cette variable à diminuer en fonction de la distance au CV. Ainsi, en 2003, c'est dans les zones périphériques au CV que l'on retrouve le plus haut taux de « population active » (80.6%) et la plus faible proportion de jeune (0-17 ans), soit de 6.9%. Cette dernière classe est prédominante dans les régions des couronnes nord et sud (moyenne de 26.6 et 25.9% respectivement). On peut donc conclure à un étalement vers les banlieues des jeunes familles avec des enfants de même qu'à une évolution temporelle de la démographie montréalaise impliquant un net vieillissement de la population. « *Donc, l'étalement urbain porte en son sein une proportion de personne qui devra passer rapidement à la motorisation dans ses prochains cycles de vie* » (Chapleau et al., 2004).

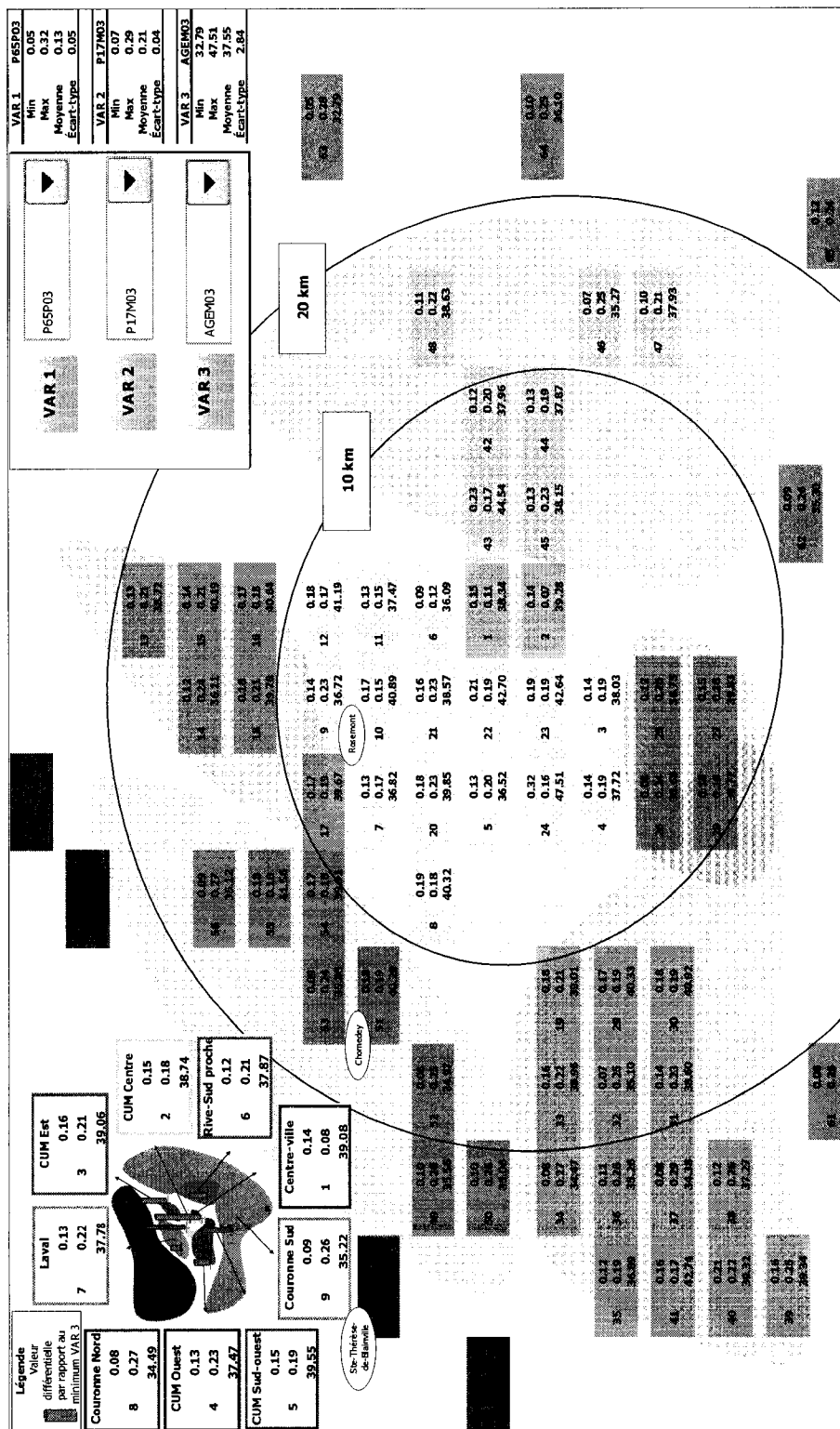


Figure 4-6 : MOBSPAT, Visualisation spatio-temporelle du pourcentage des 65 ans et plus, des moins de 17 ans et de l'âge moyen (1982, 1993, 2003)

Source : Enquêtes OD 1982, 1993, 2003

La variation de la distance moyenne au CV selon les différents stages de la vie influence le choix de la localisation de la résidence. Cette courbe (Figure 4-7) illustre bien les tendances des 15-25 ans à se rapprocher du CV, puis l'éloignement au CV des individus de 25-40 ans en 1982 mais des 25-50 ans en 2003. Le retour vers les régions plus près du CV s'effectue donc dix ans plus tard en 2003 avec une distance moyenne toujours relativement plus élevée chez les plus de quarante ans.

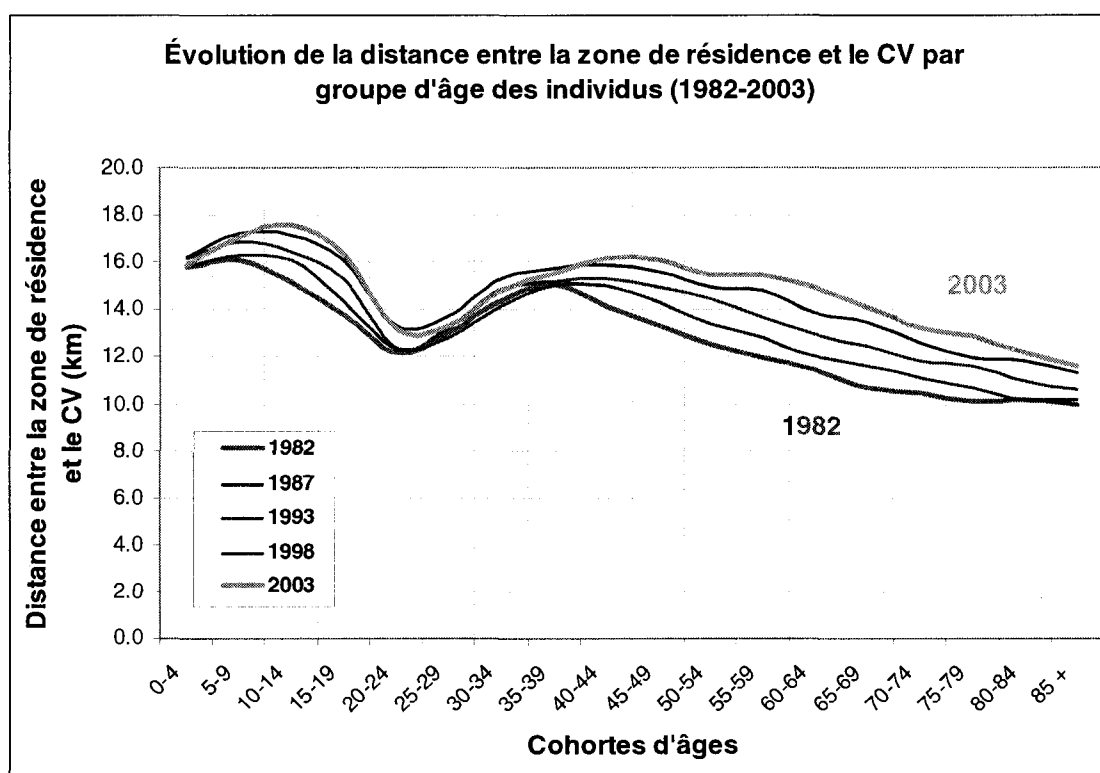
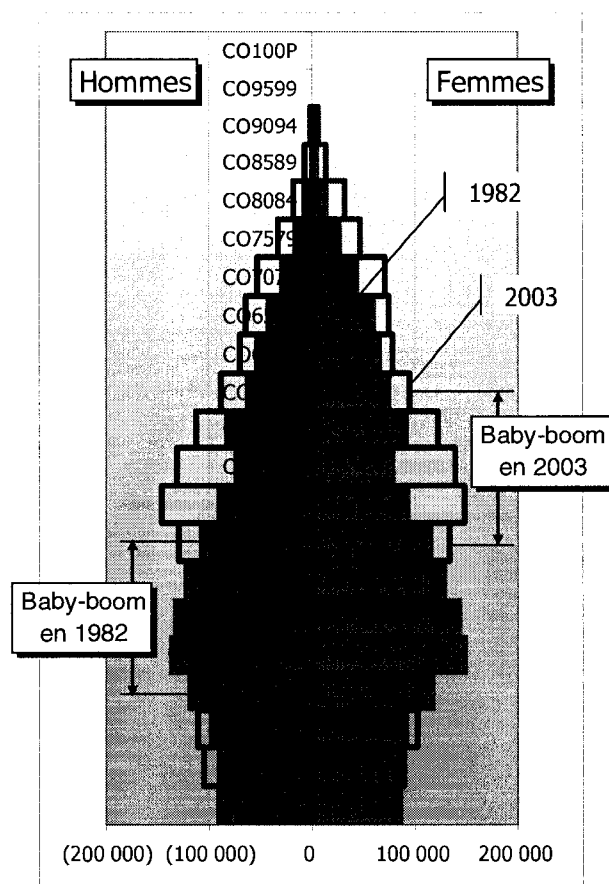


Figure 4-7 : Évolution de la distance entre la zone de résidence et le CV par groupe d'âge des individus (1982-2003)

Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003
emprunté de (Morency et al., 2007)

L'outil statistique d'étude démographique de la pyramide des âges (Wikipedia, 2007b) représente la répartition d'une population par tranche d'âge et par sexe à un instant donné, sous la forme d'un double historique. Voici l'évolution des cette pyramides d'âges entre 1982 et 2003 dans la GRM.



Ce graphique illustre nettement le mouvement de la pyramide vers le haut, soit vers des âges plus élevés, confirmant ainsi le vieillissement de l'ensemble de la population. De plus, la constance entre 1982 et 2003 du nombre d'enfants de 14 ans et moins, combinée avec la réelle augmentation d'individus 65 ans et plus, confirme l'hypothèse d'une population vieillissante.

L'âge moyen qui varie de 33.6 (1982) à 37.6 (2003), pour une augmentation de 11.6% sur vingt ans, témoigne des modifications démographiques de la région montréalaise.

Figure 4-8 : Évolution des pyramides d'âges entre 1982 et 2003 – GRM

Source : Enquête OD 2003

Indicateurs démographiques

Certains indicateurs socio-démographiques (Gouvernement du Québec, 2007) associés à la répartition de la population selon des indices composites reliés à l'âge et au sexe peuvent être calculés afin de mieux comprendre le phénomène du vieillissement de la population et des détails de l'évolution de certaines cohortes au fil des deux dernières décennies. Ces indicateurs se définissent comme suit:

Indice de dépendance des jeunes : Proportion de la population totale des moins de 15 ans par rapport à la population totale des 15 à 64 ans.

Indice de dépendance des aînés : Proportion de la population totale des 65 ans et plus par rapport à la population totale des 15 à 64 ans.

Indice de dépendance totale : Proportion de la population totale des moins de 15 ans et des 65 ans et plus par rapport à la population totale des 15 à 64 ans.

La définition de la population active inclut toutes les personnes en âge de travailler. En général, l'âge est fixé entre 15 et 64 ans. On peut trouver des définitions de la population active comme l'ensemble des personnes de plus de 15 ans. L'opposition entre population dépendante et population active n'est pas toujours effective, par exemple en cas de chômage, d'invalidité, de travail des enfants, d'inexistence de retraite. Cet indice peut donc ne pas être valable dans certaines régions ou pays. (Wikipedia, 2007b)

Indice de vieillesse : Proportion de la population totale des 65 ans et plus par rapport à la population totale des moins de 15 ans.

Rapport de masculinité : Proportion de la population totale masculine par rapport à la population totale féminine.

Rapport de masculinité des jeunes : Proportion de la population totale masculine des moins de 15 ans par rapport à la population totale féminine des moins de 15 ans.

Rapport de masculinité des adultes : Proportion de la population totale masculine des 15 à 64 ans par rapport à la population totale féminine des 15 à 64 ans.

Rapport de masculinité des aînés : Proportion de la population totale masculine des 65 ans et plus par rapport à la population totale féminine des 65 ans et plus.

Indice de remplacement (Statistiques Canada, 2007a) : Proportion de la population totale des 20-29 ans par rapport à la population totale des 55-64 ans.

Ces indicateurs démographiques ont été calculés pour chacune des cinq enquêtes et sont présentés au tableau suivant (Tableau 4-3).

Tableau 4-3 : Indicateurs démographiques – GRM

Indicateurs démographiques	1982	1987	1993	1998	2003
Indice de dépendance des jeunes	0.266	0.251	0.267	0.268	0.252
Indice de dépendance des aînés	0.126	0.139	0.124	0.175	0.183
Indice de dépendance totale	0.392	0.391	0.391	0.443	0.435
Indice de vieillesse	0.474	0.555	0.466	0.654	0.728
Rapport de masculinité	0.937	0.935	0.935	0.959	0.965
Rapport de masculinité des jeunes	1.072	1.032	1.048	1.102	1.136
Rapport de masculinité des adultes	0.942	0.954	0.943	0.965	0.970
Rapport de masculinité des aînés	0.679	0.675	0.682	0.746	0.747
Indice de remplacement	215.9	189.3	174.3	167.2	139.5

Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003

Suite au calcul de ces indicateurs, il est possible de remarquer une augmentation de l'indice de dépendance totale dans les dernières années. Cette hausse s'explique par l'augmentation de la population de personnes de plus de 65 ans, combinée à la stabilité du nombre de jeunes de moins de 15 ans. De plus, l'indice de vieillesse subit également une forte hausse indiquant la tendance au vieillissement de la population.

Pour les rapports de masculinité, on constate que les femmes sont globalement plus nombreuses dans la GRM. Malgré la présence d'un plus grand nombre d'enfants de sexe masculin, la tendance semble se renverser à l'arrivée de la vie active (15 ans). L'écart s'amplifie encore avec la population aînée, bien que celui-ci tende à s'atténuer avec les années. Selon le dernier recensement de Statistiques Canada (2007b), même si l'écart se réduit, l'espérance de vie des femmes reste toutefois plus élevée, celles-ci vivant en moyenne 82,5 ans, contre 77,7 ans pour les hommes.

L'indice de remplacement (20-29 ans/55-64 ans) dans la GRM décroît rapidement, et l'arrivée des premiers baby-boomers à l'âge de la retraite, vers 2011, donne des prévisions démographiques prévoyant que cet indice passera très rapidement sous la barre des 100 points. Le taux de personnes actives entrant sur le marché du travail sera alors inférieur à celui des personnes partant pour la retraite.

4.1.3 Diminution de la taille des ménages

Alors que la population augmentait de près de 15% sur les vingt dernières années, le nombre de ménage subissait une hausse de plus de 28%. L'effet de la modification de la structure des ménages se fait donc ressentir sur cette période de deux décennies. Les ménages ont, en moyenne pour l'ensemble de la GRM, diminué de 16% dans leur taille entre 1982 et 2003. Pendant que la proportion de personnes vivant seules augmentait de 58% de 1982 à 2003, les ménages de plus de 4 personnes subissaient une nette diminution dans le temps (-32%). Selon Miller et al. (2003), ces observations reflètent des tendances familiales à long terme d'une réduction du nombre de familles multi-générationnelles étendues, de même que la diminution du nombre d'enfants par famille. En effet, selon Statistiques Canada (2007b), le taux de natalité des familles montréalais étant passé de 13.8 (1982) à 10.7 (2003) naissances pour 1000 personnes sur la période étudiée.

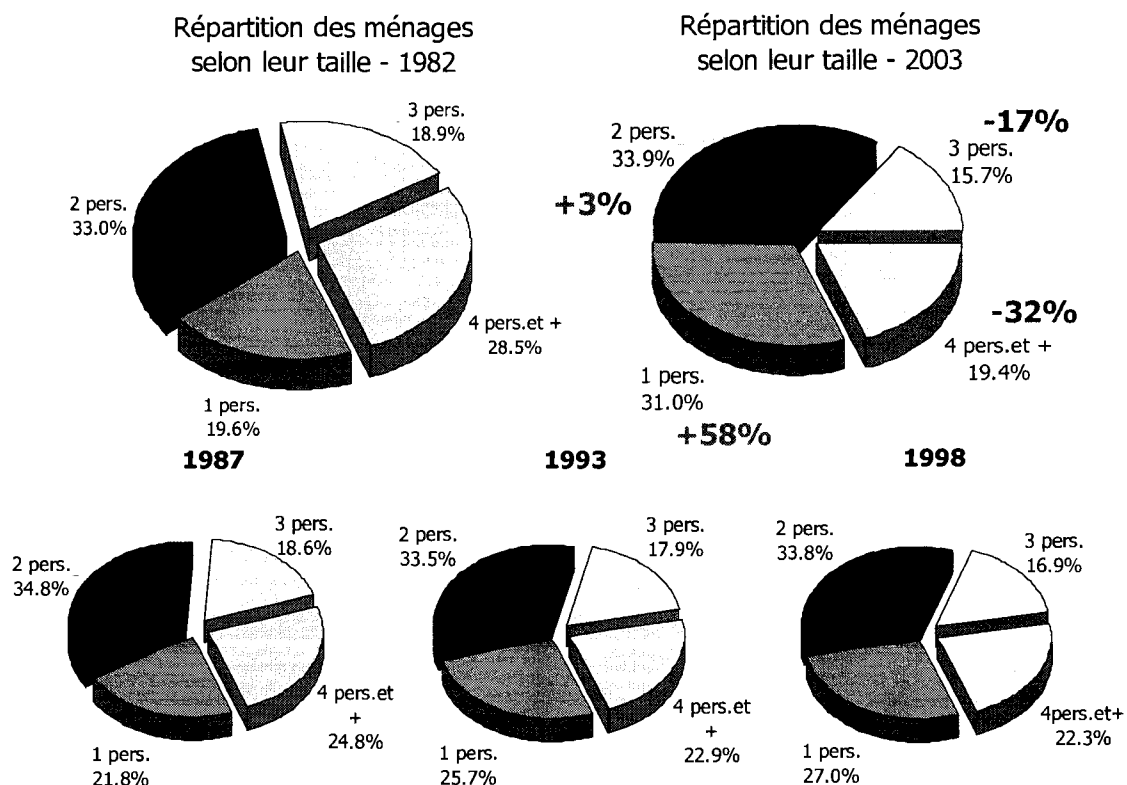


Figure 4-9 : Évolution (1982-2003) de la taille des ménages – GRM

Source : Enquêtes OD 1982, 2003

Le portrait actuel (2003) de la répartition spatiale des ménages d'une personne comparé à celui des ménages de plus de quatre personnes peut être visualisé sur la figure suivante. Cette représentation confirme l'influence de la distance au CV dans l'évolution de la dynamique familiale. En effet, une hausse de la taille des ménages est remarquée lors de l'éloignement du centre urbain.

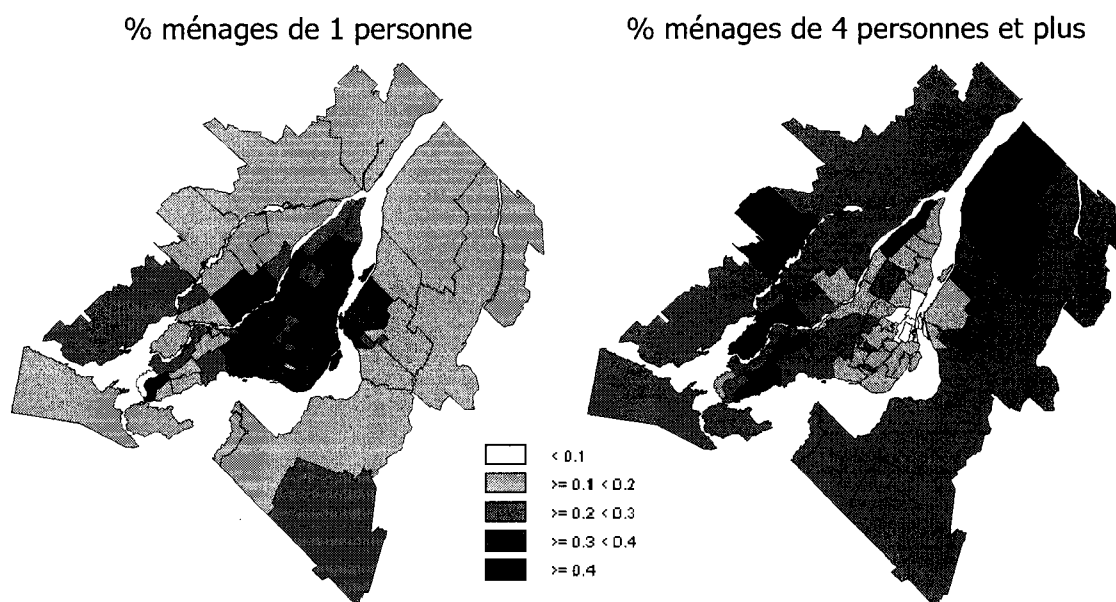


Figure 4-10 : Distribution spatiale de la proportion des ménages d'une personne et de quatre personnes et plus

Source : Enquête OD 2003

En regardant l'évolution dans un contexte spatial, on constate une répartition assez hétérogène de la répartition de ces ménages en fonction de leur taille. En effet, les plus petits ménages sont en plus forte concentration près du centre-ville de Montréal et en s'éloignant de celui-ci, leur taille moyenne augmente. Par exemple, un ménage moyen du Plateau Mont-Royal (6) était formé de 2.23 personnes en 1982 et n'en comptait que 1.78 en 2003, soit une baisse de 25%. En comparaison, un foyer de la M.R.C. des Moulins (59) situé dans la Couronne Nord comptait en moyenne 3.34 personnes (1982) et subissait une baisse comparable de 22% pour s'établir, en 2003, à 2.72 personnes.

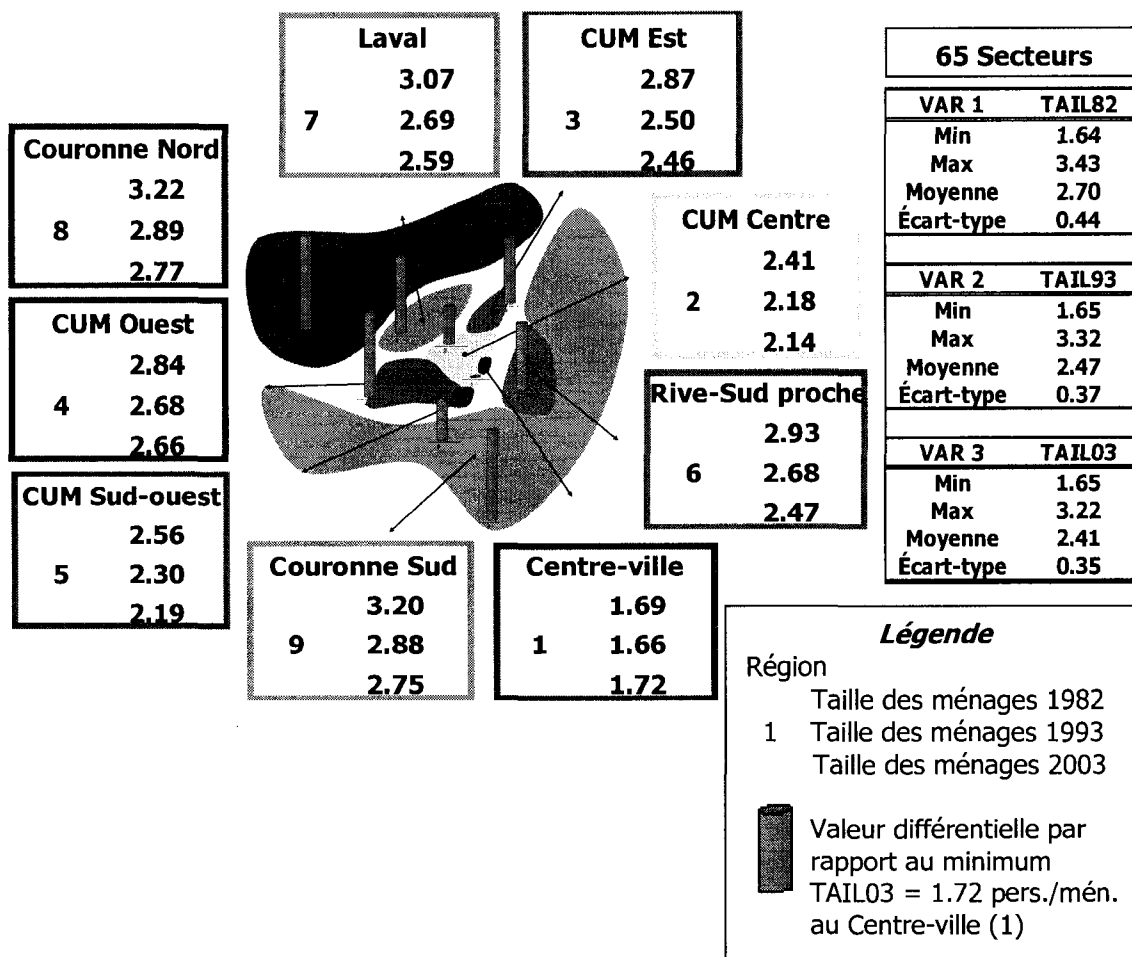


Figure 4-11 : Évolution de la taille des ménages – GRM

Source : Enquêtes OD 1982, 1993, 2003

4.1.4 Hausse de la motorisation

Aucun doute ne subsiste quant à la relation existant entre le nombre d'automobiles que possède un ménage et le comportement de mobilité des personnes de ce même ménage. Influencée par le revenu et les caractéristiques du ménage, par le coût du véhicule et par certaines attitudes culturelles, la motorisation joue un rôle prédominant dans les comportements de mobilité et dans l'usage de la voiture personnel comme mode de transport. L'Association des Transports du Canada (ATC) présente l'indicateur de motorisation (Figure 4-12) à des fins de comparaison entre Montréal et certaines villes du monde. La région métropolitaine figure donc parmi la moyenne des villes du monde avec près de

450 véhicules par 1000 personnes et présente le taux de motorisation le plus faible parmi les grandes villes canadiennes.

Figure 7.5 : Nombre de véhicules par personne

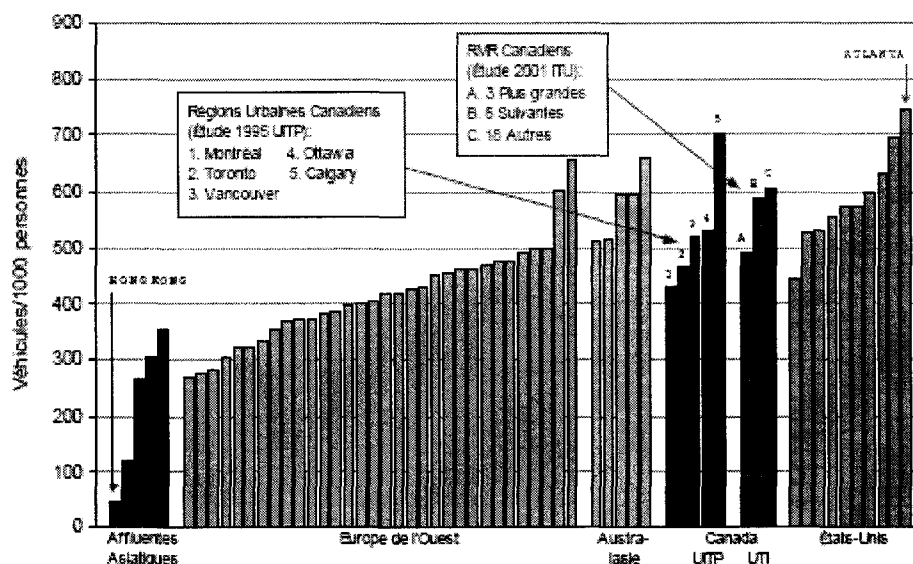


Figure 4-12 : Nombre de véhicules par personne selon l'Association des Transports du Canada

Source : (Hollingworth et al., 2005)

À cet égard, l'analyse des données des enquêtes OD démontre que la proportion des ménages non motorisés ou possédant une seule automobile est en forte décroissance, subissant une baisse de 16% entre 1982 et 2003. À cette baisse correspond une forte augmentation de la proportion des ménages possédant 2 véhicules (17%-27%) et 3 véhicules et plus (3%-6%).

Tableau 4-4 : Répartition des ménages en fonction de la motorisation – GRM

	% ménages			
	0 auto	1 auto	2 autos	3 autos et +
1982	26.6%	53.3%	17.4%	2.7%
1987	25.2%	48.3%	22.6%	3.9%
1993	24.0%	45.6%	25.2%	5.2%
1998	22.6%	45.6%	26.5%	5.2%
2003	22.3%	44.9%	27.2%	5.7%
1982-2003	-16.4%	-15.9%	56.5%	113.6%

Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003

De surcroît, le graphique suivant (Figure 4-13) dévoile une diminution importante dans le temps de la proportion de ménage possédant un seul véhicule au profit des ménages multi-motorisés et cette tendance s'apprécie plus intensément dans les régions éloignées du CV. En effet, dans les Couronnes Sud et Nord, la hausse des ménages ayant plus de deux voitures correspond respectivement à 68.5% et 61.6% comparé à une augmentation de 31.6% dans le centre urbain.

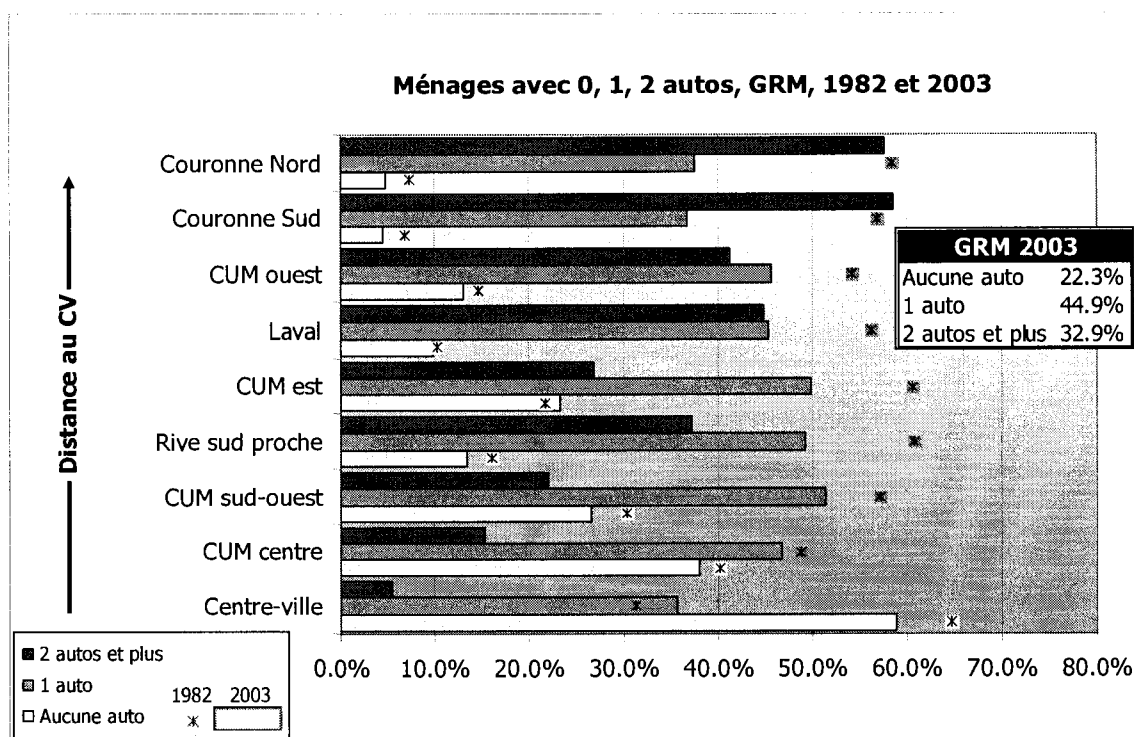


Figure 4-13 : Proportion des ménages possédant 0, 1, 2+ automobiles – GRM

Source : Enquêtes OD 1982, 2003

Spatialement, la corrélation entre la motorisation et la distance du centroïde de la zone et le centre-ville est très forte. En effet, la motorisation au centre est près de quatre fois plus faible que celle dans la région la plus éloignée, et ce, avec constance dans le temps. La tendance dans l'espace du nombre de voiture par ménage, à l'intérieur de la GRM, est présentée à l'aide de la représentation suivante (Figure 4-14) et, à l'instar de la taille des ménages, on distingue clairement la relation linéaire négative entre la distance au centre-ville et cette variable caractérisant les ménages. Par exemple, en 2003, au centre-ville, 58.9%

des ménages sont non-motorisés alors que près de 5.5% possèdent plus de deux véhicules. En comparaison, le taux de non-motorisation des ménages résidants sur la Couronne Nord est inférieur à 5% et 57.6% des ménages sont multi-motorisés.

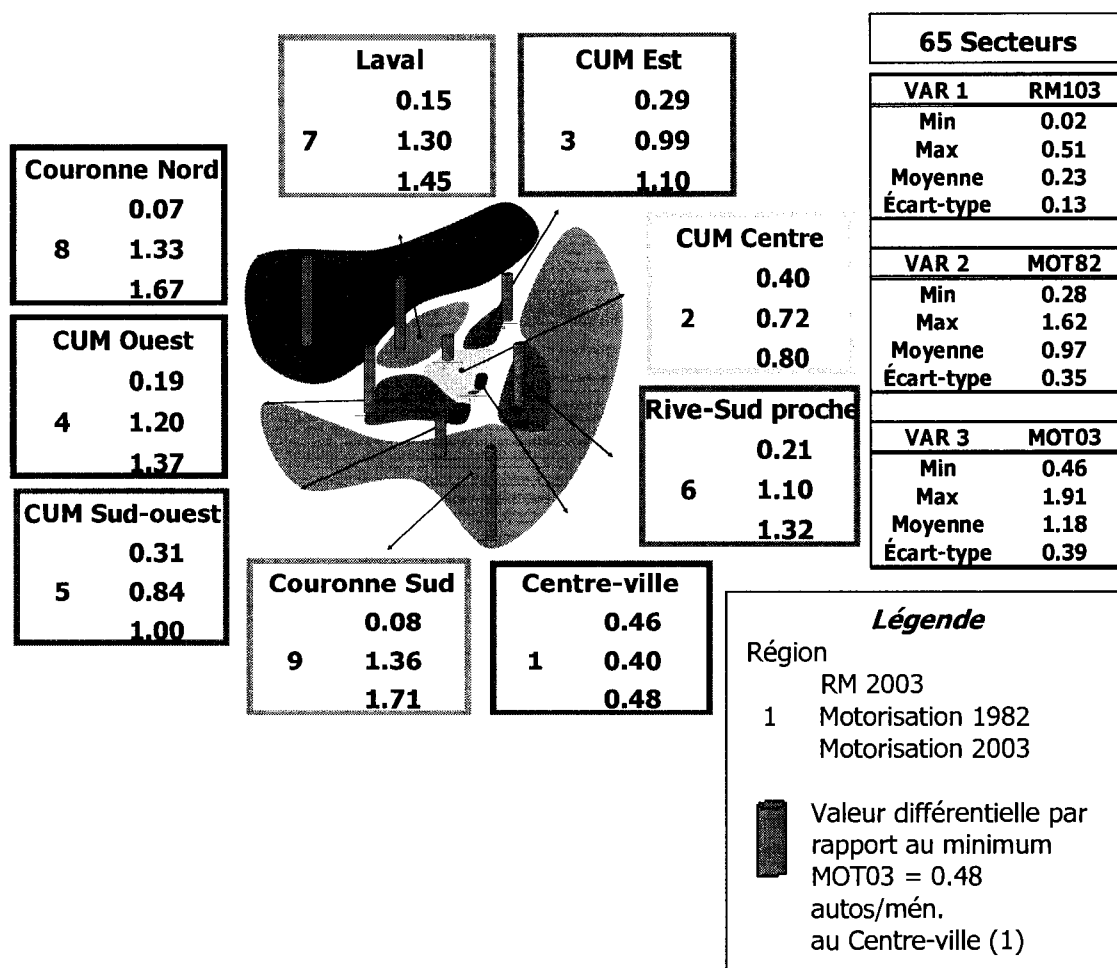


Figure 4-14 : Évolution de la motorisation et de la répartition modale – GRM

Source : Enquêtes OD 1982, 2003

En observant la motorisation selon la définition habituelle, soit le nombre d'automobile par ménage (a), une faible croissance peut être observée entre les cinq enquêtes. Cependant, tel que décrit par Bonnel (2004) la motorisation des ménages est insuffisante pour caractériser l'état réel de l'accessibilité à une voiture. Elle doit tenir également compte de l'évolution de la taille des ménages qui, tel que vu précédemment, a fortement chuté au cours des vingt dernières

années. La motorisation, selon une deuxième définition, celle de la motorisation individuelle obtenue en divisant le nombre de véhicule d'une région par sa population (b), permet d'apprécier une croissance de la motorisation presque deux fois plus élevée que dans le cas précédent. L'augmentation moyenne de cette motorisation dans la GRM, de l'enquête de 1982 à celle de 2003, est de 22.4% et 37.0% respectivement pour les définitions (a) et (b). En revanche, spatialement, la variation de la possession automobile selon (b) dans les régions est près de la moitié moins prononcée que dans la première définition (a).

Le fait de compter toute les personnes du ménage dans la définition de la motorisation, amène à se demander si cette définition caractérise bien l'accessibilité réelle des personnes à la voiture. Toujours selon Bonnel (2004), une troisième définition de la motorisation individuelle peut être établie avec le nombre de personnes de plus de 18 ans, âge légal de la possession d'un permis de conduire en France. Le traitement désagrégé des données d'enquêtes OD dans la GRM permet également l'application de cette définition de l'accessibilité réelle ou potentielle des individus à une automobile en calculant la motorisation individuelle des personnes potentiellement muni d'un permis de conduire, soit au Québec, les personnes de 16 ans et plus. (Morency et al., 2007).

La motorisation est sans aucun doute une variable primordiale dans la répartition des modes de transport. Elle influence grandement le comportement de mobilité des personnes et des ménages et la tendance à l'augmentation du nombre de véhicules par ménage combinée avec celle de la réduction de la taille des ménages, « *à motorisation des ménages donnée, l'accès individuel à la voiture est donc plus importante aujourd'hui qu'il y a 20 ans* » (Bonnel, 2004). Toutes ces réflexions nous amène à nous questionner sur les effets que peut avoir la motorisation sur la demande de transport. Le chapitre suivant présente les effets des revenus et de la motorisation sur la demande en caractérisant ces effets par des calculs d'élasticités.

Revenus

Dans l'analyse des caractéristiques sociales, le revenu moyen des ménages d'un secteur permet de déduire le niveau de vie de ses résidents. Ce facteur influence la possession automobile et agit sur la répartition des modes de transport. Le

Tableau 4-5, obtenu à l'aide des données du recensement de 2001, expose le revenu moyen des ménages et des personnes selon un découpage en grandes régions.

Tableau 4-5 : Revenu moyen des ménages et des personnes de la GRM

	Revenu moyen des ménages 2001 (\$)	Revenu moyen des personnes 2001 (\$)
Ville de Montréal	42 310	25 190
Centre-ville	46 090	31 930
CUM centre (partie)	40 990	24 480
CUM est (partie)	51 910	26 190
CUM sans Montréal	61 170	32 750
CUM centre (partie)	100 250	54 270
CUM est (partie)	41 810	22 960
CUM ouest	66 580	33 640
CUM sud-ouest	49 990	28 760
Hors-CUM	61 120	31 040
Rive sud proche	58 950	30 890
Laval	58 200	29 620
Couronne Nord	60 810	30 550
Couronne Sud	66 510	32 990
GRM	54 390	29 590

Source : Recensement 2001

Le revenu moyen le plus élevé se retrouve dans la partie CUM centre, constituée des secteurs Mont-Royal (20), Outremont (21), Westmount (22), Hampstead (23) et Côte-Saint-Luc (24). Ces secteurs à l'extérieur de la Ville de Montréal, font grimper le salaire moyen de la région CUM sans Montréal avec leurs 100 250\$ par ménage. De l'autre côté de l'île de Montréal (CUM), le regroupement des secteurs Montréal-Nord, Anjou, St-Léonard et Montréal-Est présente la plus faible moyenne de revenu avec seulement 41 810\$ par ménage, et ce pour une même taille des ménages de 2.3 personnes/ménage. La CUM ouest, consiste également en une région où les résidents sont en moyenne bien nantis, les ménages de ce secteur gagnent annuellement environ 66 580\$.

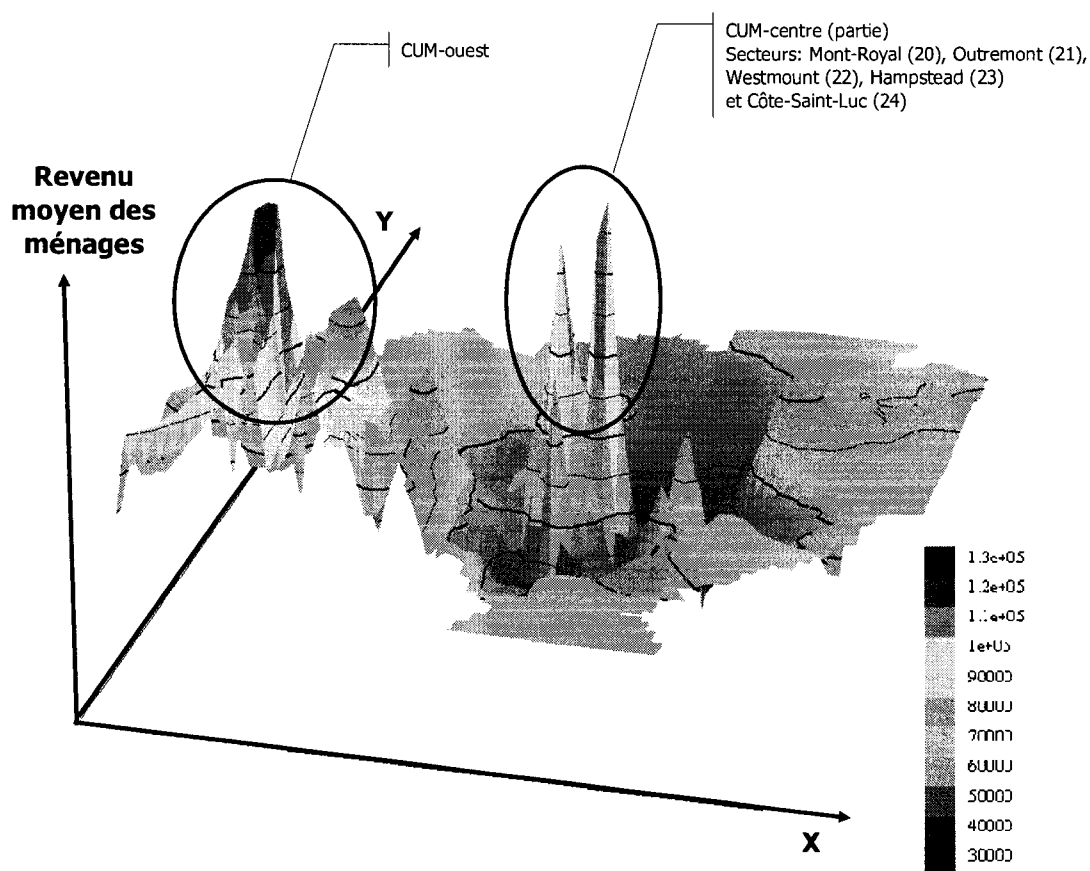


Figure 4-15 : Représentation 3D de revenu moyen des ménages selon les coordonnées en X et Y des 65 secteurs de la GRM

Source : Recensement 2001

Visuellement, la représentation en trois dimensions du revenu moyen par secteur (Figure 4-15) permet d'observer deux pointes particulièrement importantes situées dans les régions ouest et dans la partie centrale de l'Île de Montréal. Les banlieues (Couronnes Nord et Sud) présentent un taux de revenu moyen relativement constant et légèrement supérieur à la moyenne de la GRM.

En 2001, l'Île de Montréal (Figure 4-16) se divisait en 28 agglomérations, dont la principale, la Ville de Montréal, regroupait 14 arrondissements.



Figure 4-16 : Territoire de l'Île de Montréal divisé par agglomérations (2001)

Les données du recensement de 2001 permettent également d'établir quelques conclusions concernant trois grands regroupements de la GRM, la Ville de Montréal, la CUM sans Montréal et les banlieues situées hors-CUM. Les tableaux de l'Annexe 2 résument ces statistiques et de celles-ci peuvent être déduites quelques particularités.

- Concentration d'anglophone (25%) dans les secteurs de la CUM sans Montréal, secteurs regroupant tout l'ouest de l'île de Montréal;
- Taux de chômage plus important à la Ville de Montréal par rapport aux banlieues hors-CUM (10% vs 6%);

- Présence de ménages unifamiliaux à 75% en banlieue et de ménages non-familiaux à 49% près du centre urbain;
- Proportion minimale de propriétaire (30%) à Montréal et inversement, proportion minimale de locataire (30%) hors-CUM (67% de maisons unifamiliales dans la région hors-CUM).

4.2 Évolution de la mobilité des personnes

À partir des données des enquêtes OD à Montréal, la question de la mobilité a été analysée afin de tenter de comprendre la répartition modale que l'on cherche à modéliser. Ce chapitre présente une description de l'évolution des comportements de mobilité des personnes et des ménages de la grande région de Montréal.

L'indicateur retenu pour la mesure de la part modale en transports collectifs est le rapport entre le nombre de déplacements effectués en transports collectifs et le nombre total de déplacements en modes mécanisés. Selon Joly et al. (2003) l'indicateur fondé sur le rapport du nombre de voyageur*kilomètres semblait, en effet, moins significatif selon les régressions effectuées sur les principales variables.

4.2.5 Augmentation de la mobilité

Le nombre de déplacements, effectués en PPAM dans la GRM, n'a cessé de croître entre 1982 et 2003 (28.5%), conduisant à une hausse de 12% (0.54% d'indice composé annuel) du nombre moyen de déplacements quotidiens individuels. Toutefois, dû à l'augmentation du taux de génération de déplacement individuel et à l'évolution de la structure des ménages (diminution de la taille des ménages) sur les vingt dernières années, la mobilité des ménages se stabilise à un taux moyen d'environ 1.3 déplacements/ménage.

4.2.6 Baisse de l'utilisation des transports en commun et effondrement de la marche

Les données de l'ATC démontrent une croissance constante de l'achalandage des TC depuis 1996. Bien que ces données indiquent une hausse absolue des

déplacements en transport en commun, la part de ceux-ci sur l'ensemble des déplacements, ne cesse de diminuer.

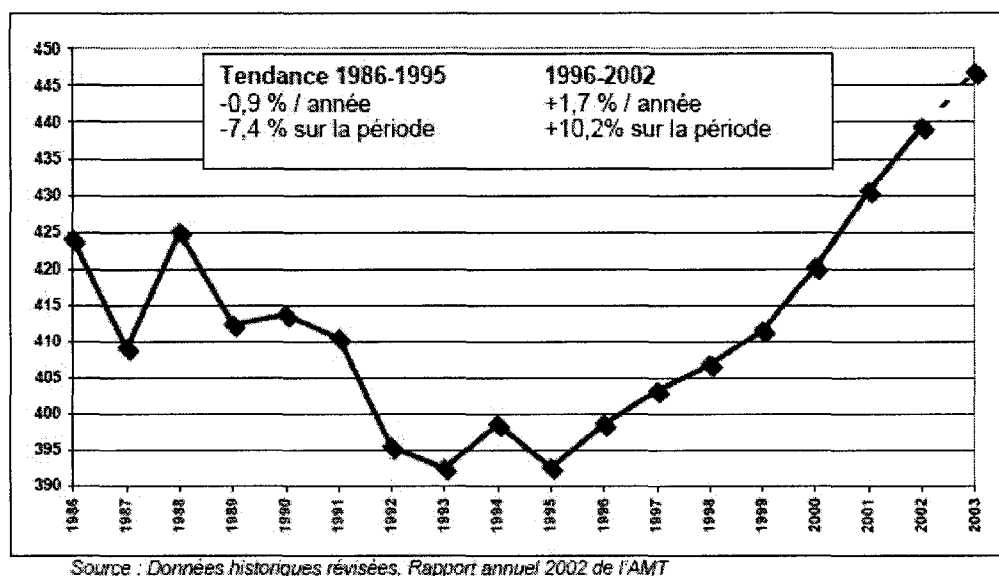


Figure 4-17 : Évolution de l'achalandage annuel du transport en commun (millions passages) dans la GRM, 1986-2002

Source : (AMT, 2003b)

L'usage de la voiture est définitivement en grande croissance au détriment des transports en commun et de la marche. Une décomposition hiérarchique modale des déplacements de la GRM est dévoilée ici (Figure 4-18) et présente la proportion des déplacements en TC par rapport au nombre de déplacements motorisés. La baisse de l'utilisation des transports collectifs est imminente, une diminution de près de 30%, malgré l'effet positif de l'arrivée des trains de banlieues qui améliorent un peu leur sort. Les déplacements à pied subissent également une lourde décroissance, tant au niveau spatial que temporel, entraînant une importante réduction de leur part de marché à moins de 10% (2003). Le vélo, pour sa part, bien que représentant moins de 1% des déplacements totaux, progresse d'une façon intéressante.

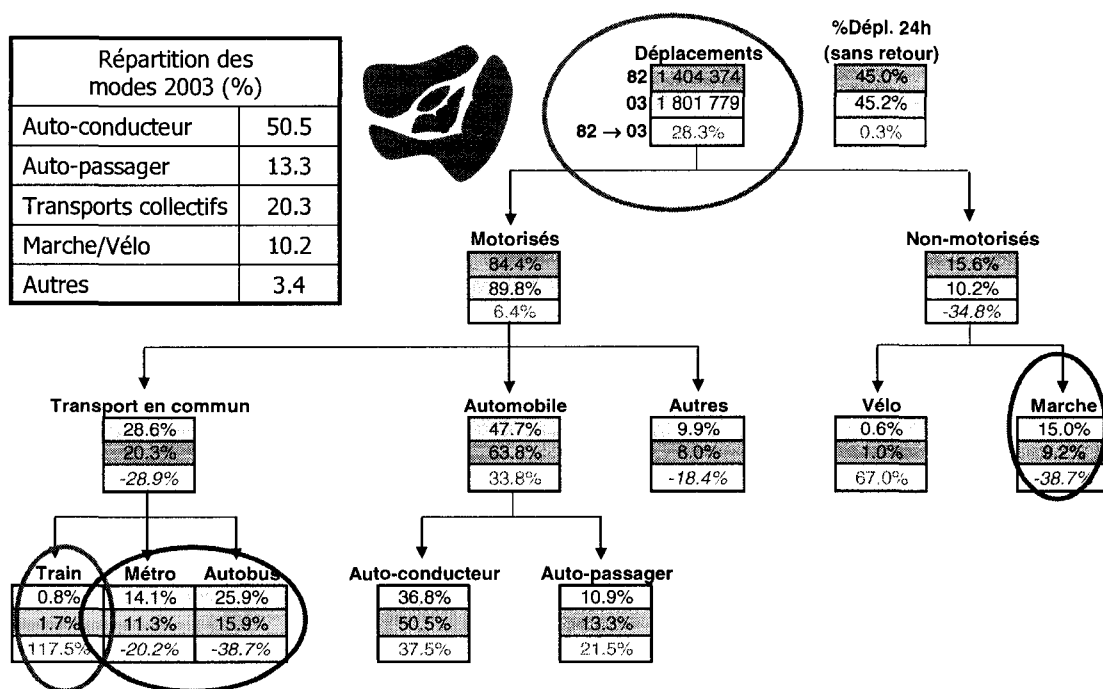


Figure 4-18 : Décomposition hiérarchique modale des déplacements-modes GRM, résidents, PPAM, tous motifs

Source : Enquêtes OD 1982, 2003 – emprunté de (MADITUC, 2002)

Le Tableau 4-6 montre le détail de la décomposition des déplacements des résidents de la GRM selon le mode de transport et leur évolution sur les vingt dernières années.

Tableau 4-6 : Décomposition des déplacements selon le mode
 – GRM – résidents (sans retour) – PPAM - tous motifs

Résidents (sans retour) - PPAM									
	1982	1987	1993	1998	2003				
	AM	%	AM	%	AM	%	AM	%	AM
MODS MOTORISÉS	1 185 569	84.4%	1 346 962	86.8%	1 401 590	88.3%	1 485 897	89.2%	1 618 711
Transport en commun	401 771	33.9%	392 830	29.1%	358 713	25.6%	327 683	22.1%	366 304
STCUM	367 176	91.4%	350 790	89.4%	325 545	90.8%	292 857	89.4%	309 016
métro	198 423	54.0%	207 095	59.0%	199 230	61.2%	179 347	61.2%	203 172
autobus	300 022	81.7%	267 175	76.2%	233 037	71.6%	198 276	67.7%	205 802
train (82-98)	10 480	2.9%	12 062	3.4%	11 764	3.6%	20 290	6.9%	0
STRSM	27 314	6.8%	39 101	10.0%	36 356	10.1%	35 917	11.0%	37 491
STL	24 664	6.1%	20 905	5.3%	20 052	5.6%	18 935	5.8%	22 006
CIT	0	0.0%	8 193	2.1%	9 755	2.7%	11 599	3.5%	15 420
Train RS (Train de banlieue 03)	742	0.2%	359	0.1%	0	0.0%	0	0.0%	31 316
Autres autobus	11 377	2.8%	9 658	2.5%	4 046	1.1%	4 148	1.3%	5 120
Transport privé	671 288	56.6%	849 841	63.1%	926 516	66.1%	1 044 547	70.3%	1 150 171
Automobile	669 359	99.7%	847 870	99.8%	925 879	99.9%	1 043 693	99.9%	1 148 958
conducteur	516 158	77.1%	662 912	78.2%	738 735	79.8%	825 304	79.1%	910 678
passager	153 201	22.9%	184 959	21.8%	187 143	20.2%	218 389	20.9%	238 750
Motocyclettes	1 939	0.3%	2 013	0.2%	638	0.1%	854	0.1%	1 241
Autres modes motorisés	136 422	11.5%	131 444	9.8%	150 272	10.7%	148 383	10.0%	143 686
Taxi	4 801	3.5%	4 439	3.4%	5 132	3.4%	4 740	3.2%	5 050
Autobus scolaire	131 632	96.5%	127 004	96.6%	145 140	96.6%	143 643	96.8%	138 672
MODS NON-MOTORISÉS	218 805	15.6%	204 372	13.2%	185 288	11.7%	179 569	10.8%	183 068
Vélo	8 159	3.7%	9 920	4.9%	11 557	6.2%	14 837	8.3%	17 482
À pied	210 646	96.3%	194 452	95.1%	173 743	93.8%	164 731	91.7%	165 586
TOTAL	1 404 374		1 551 334		1 586 878		1 665 466		1 801 779

Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003

Selon la figure suivante (Figure 4-19), en 2003 les conducteurs automobiles accomplissent plus de la moitié des déplacements à l'aide d'un mode motorisé. Il s'agit d'une hausse relativement élevée (+28.3%) par rapport au niveau de 1982. Le métro et les autobus de la STM, opérant uniquement sur l'île de Montréal (CUM) et à Longueuil (Rive-Sud proche), permettent aux usagers d'effectuer près de 18.0% des déplacements (2003). Cependant, les autres modes de transport collectifs (train et autres autobus), ceux desservant les régions hors CUM, ont pris une certaine ampleur durant les deux dernières décennies. Ce transfert des déplacements du réseau de transport de la CUM (STM) vers ceux des banlieues (RTL, STL et CITs) confirme la tendance à l'étalement urbain observée dans la grande région de Montréal.

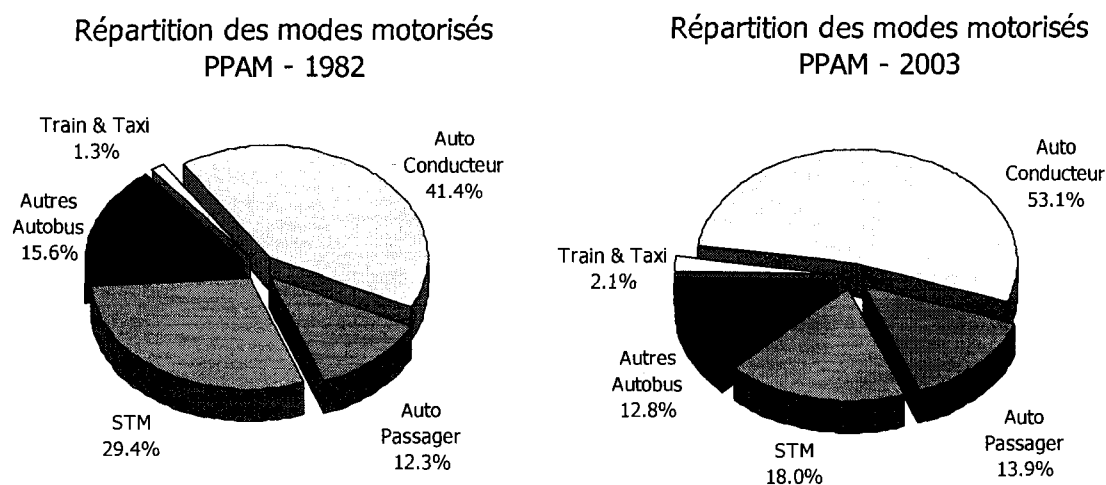


Figure 4-19 : Répartition des modes motorisés, GRM, résidents (sans retour), PPAM, tous motifs

Source : Enquêtes OD 1982, 2003

Loin d'atteindre les sommets enregistrés dans les villes d'Europe de l'Ouest ou d'Asie, Montréal se situe toutefois au premier rang des villes canadiennes et américaines en ce qui concerne la part des transports collectifs dans les déplacements individuels annuels.

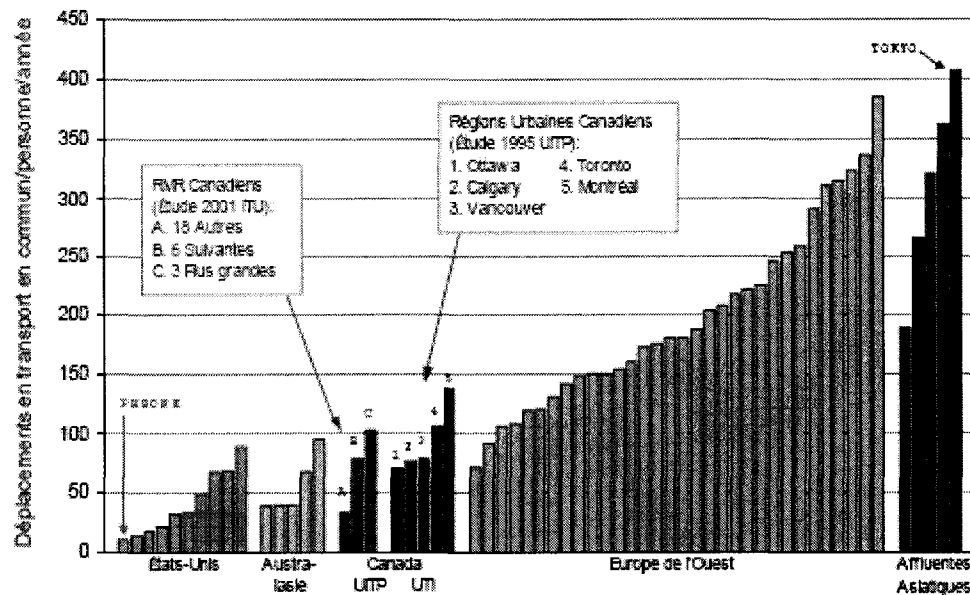


Figure 4-20 : Déplacements en transport en commun annuels par personne

Source : (Hollingworth et al., 2005)

Afin de faire ressortir la forme radio-concentrique de la GRM en termes de RM et de souligner les exceptions, la Figure 4-21, réalisée avec l'application MOBSPAT, permet la visualisation des variations de la répartition modale dans le temps et l'espace.

Les secteurs Mont-Royal (20), Outremont (21), Westmount (22), Hampstead (23) et Côte-Saint-Luc (24) présentent un taux de déplacements pour les modes de transports collectifs « anormalement » faible comparé à la moyenne de ceux du centre de l'île de Montréal (<10km). Ces secteurs, quoi que bien desservis par le métro (inclus dans le voisinage de 1km d'une station de métro) arborent des caractéristiques socio-démographiques et un comportement de mobilité très semblables aux secteurs inclus dans l'intervalle [10, 20km] du CV. Tel que vu précédemment dans le chapitre sur le revenu, ces secteurs diffèrent largement de la moyenne de la GRM (54 390\$/ménage) avec leur moyenne de 100 250\$ par ménage.

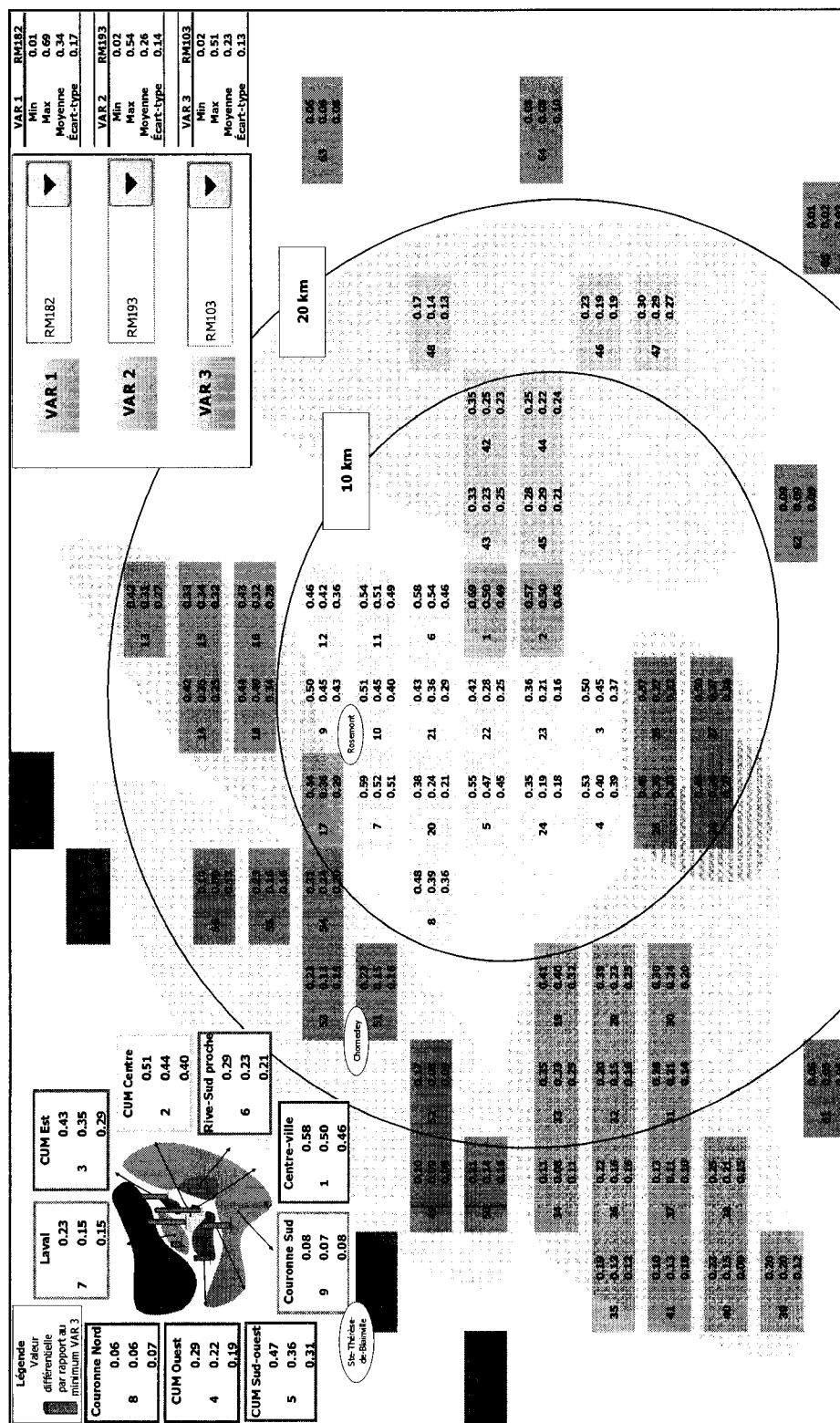


Figure 4-21 : MOBSPAT, Visualisation spatio-temporelle de la RM (1982, 1993, 2003)

Source : Enquêtes OD 1982, 1993, 2003

La répartition des modes de transport n'est donc pas homogène sur l'ensemble du territoire montréalais. Spatialement, une forte relation existe entre la répartition modale des TC et la distance au CV. En effet, les déplacements en TC sont beaucoup plus fréquents à proximité du CV et leur part de marché diminue avec l'éloignement au centre.

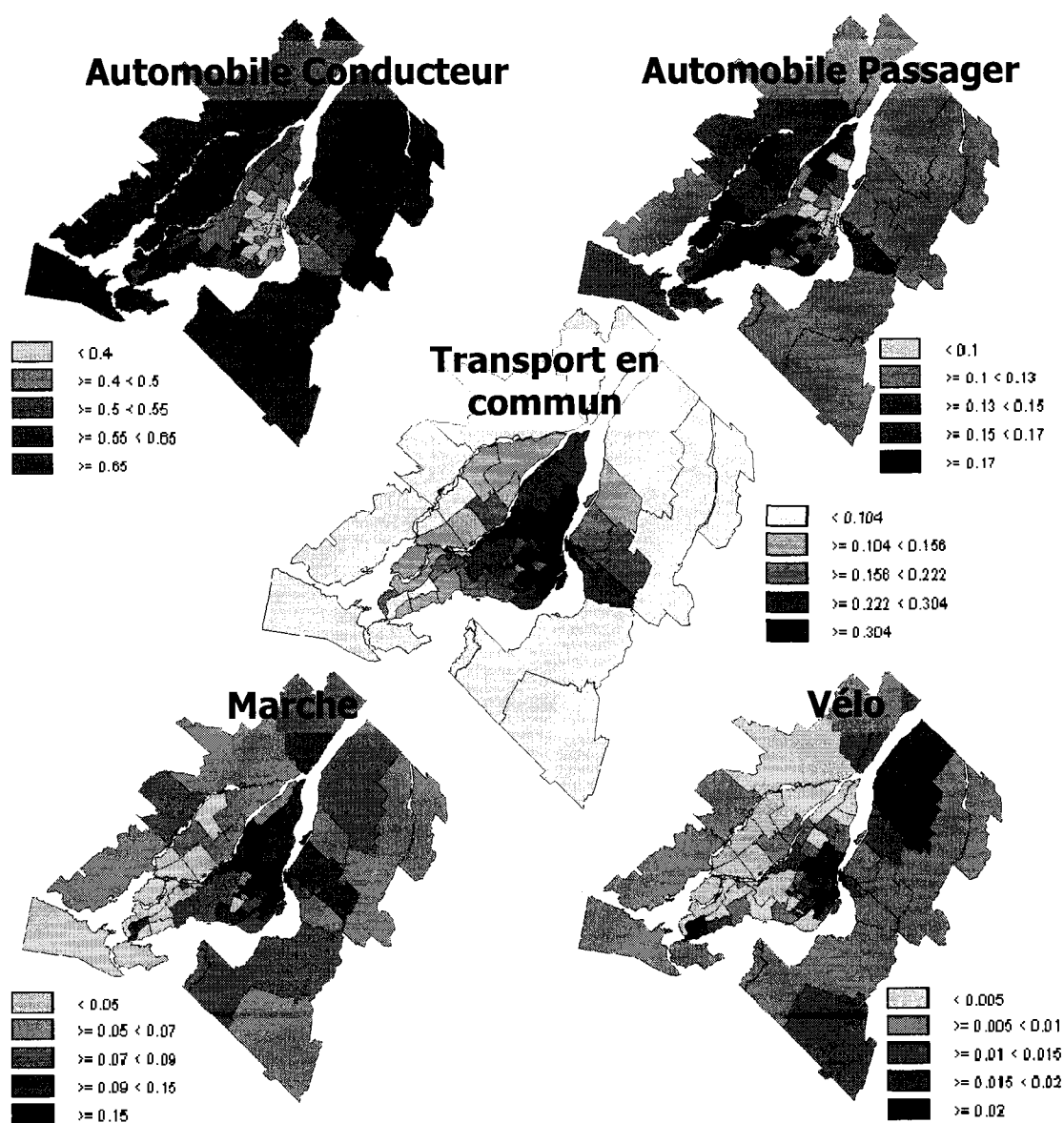


Figure 4-22 : Répartition des modes de transport 2003 - 65 Secteurs

Source : Enquête OD 2003

Le Chapitre 5 tente une exploration des tendances de répartition modale et de ses exceptions. Le revenu moyen, la motorisation et la structure familiale sont au nombre des facteurs agissant sur cette répartition entre les modes de transport.

4.2.7 Motifs de déplacement

L'analyse des motifs de déplacements ne démontre pas beaucoup de variation. La répartition ou distribution des déplacements-motifs reste sensiblement constante dans le temps et dans l'espace. Le travail demeure le motif le plus important avec une proportion des déplacements totaux des résidents, en PPAM, oscillant entre 42% et 73%, avec une moyenne d'environ 52.9% en 2003. Le motif étude, pour sa part, ne subit pratiquement aucune variation dans le temps et l'espace et se stabilise à une moyenne d'environ 31.0%. Les autres motifs se partagent donc les 16.5% restant en 2003, contrairement à seulement 5.2%, en 2002, ce qui constitue tout de même une certaine réorganisation des patrons d'activités dû à l'évolution des comportements sociaux évalués précédemment tel que le vieillissement de la population par exemple. Spatialement, la répartition spatiale des motifs de déplacements est très constante sur l'ensemble du territoire.

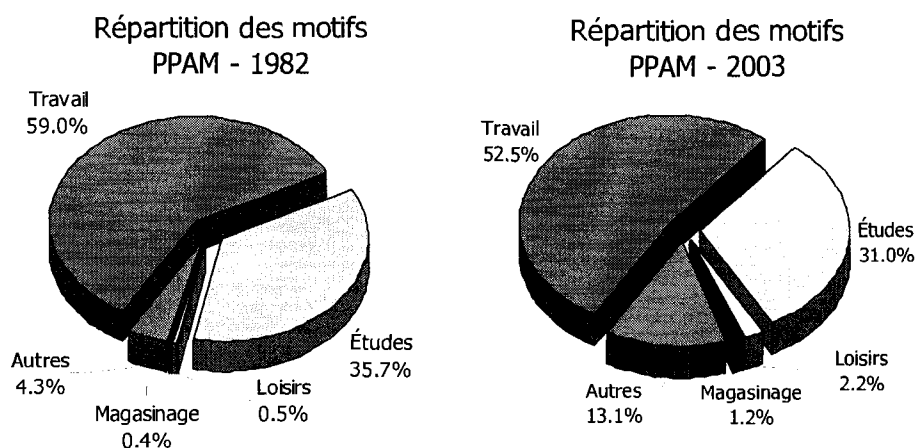


Figure 4-23 : Distribution des déplacements selon le motif – Résidents – PPAM

Source : Enquêtes OD 1982, 2003

4.3 Analyse comparative de diverses clientèles

L'observation des comportements de déplacements de diverses clientèles cibles permet aux planificateurs des systèmes de transport de distinguer les variables significatives influençant le choix en matière de mode de transport. Cette approche permet de trouver des indicateurs identifiant quelles caractéristiques individuelles ou familiales prédisposent à l'utilisation d'un mode de transport particulier. Les informations contenues dans les enquêtes OD permettent de réaliser une étude comparative de trois secteurs distincts : Rosemont (urbain), Chomedey (ancienne banlieue) et Ste-Thérèse-de-Blainville (nouvelle banlieue) et d'en apprécier les différences nettes de la demande de transport (Chapleau et al., 1993). Avant d'analyser les comportements de mobilité, il convient d'examiner les caractéristiques socio-démographiques des secteurs à l'étude. La Figure 4-24 distingue les caractéristiques inhérentes à l'âge moyen, à la population, à la taille des ménages, à la densité brute de population et au taux de possession automobile individuel propres aux trois secteurs.

Du côté démographique, le secteur le plus urbain, Rosemont, renferme une forte proportion des 20-29 ans et des 40-49 ans mais affiche une faible représentativité des enfants en bas âge (5-10 ans). L'âge moyen de cette région est de 40.9 ans. Le secteur de banlieue le plus éloigné du CV (Ste-Thérèse-de-Blainville), pour sa part, présente une forte proportion d'adultes de 35-44 ans et d'enfants de 5-14 ans (âge moyen de 33.6 ans).

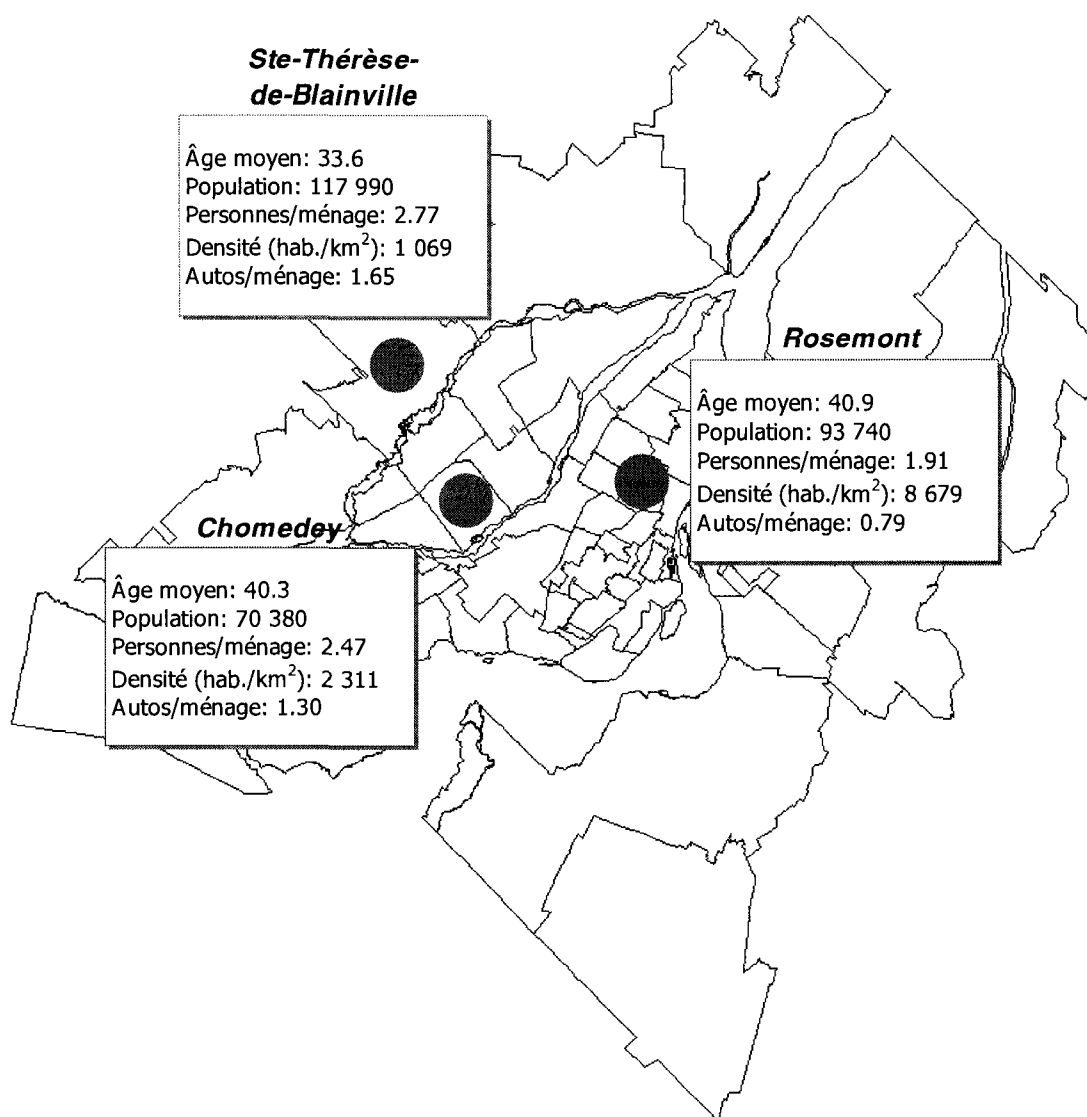


Figure 4-24 : Caractéristiques socio-démographiques des trois clientèles 2003

Source : Enquête OD 2003

De plus, il apparaît que la structure des ménages suit la tendance générale connue dans la GRM. La taille des ménages devient plus importante dans les secteurs de banlieue que ceux plus près du CV et diminue constamment dans les trois secteurs sur la période de 1982 à 2003.

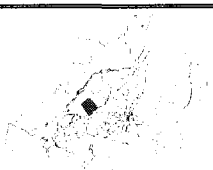
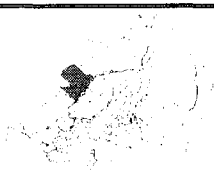
La structure familiale apparaît également comme une influence sur le choix du mode de transport. En effet, en plus d'influencer l'utilisation des transports collectifs, elle a également un effet relatif sur la proportion des déplacements non-motorisés (respectivement de 11.5%, 4.2% et 8.6%).

Dans le cas de Rosemont, ce pourcentage peut s'expliquer par un faible taux de possession automobile (0.79 automobiles/ménage) et par une plus grande proximité des infrastructures urbaines. Dans le cas du secteur Ste-Thérèse-de-Blainville, la banlieue éloignée, la présence de nombreux enfants (27.5% de personnes de 17 ans et moins) permet une explication du taux de déplacement non-motorisé plus élevé que celui de la banlieue intermédiaire qui présente, pour sa part, une plus grande proportion de personnes âgées (17.9% contre 7.2% de personnes de plus de 65 ans).

Dans le quartier urbain, la densité de population est quatre fois plus élevée que dans la banlieue intermédiaire et huit fois supérieure à celle de la banlieue éloignée. Le nombre d'automobile par personne y est inversement proportionnel et les proportions de déplacements en transport en commun (Tableau 4-7) y sont respectivement de 35.3%, 15.0% et 8.0%.

Le Tableau 4-7 permet la comparaison des caractéristiques familiales, individuelles et des comportements de mobilité des trois secteurs et de la région métropolitaine.

Tableau 4-7 : Tableau comparatif des caractéristiques des trois secteurs –
Déplacements des résidents – PPAM

	Montréal : Rosemont	Laval : Chomedey	Couronne Nord : Ste-Thérèse- de-Blainville	GRM
				
	10.8 km ²	30.5 km ²	110.3 km ²	3340.7 km ²
Ménages	49 110	28 550	42 550	1 367 710
Taille des ménages	1.91	2.47	2.77	2.41
Motorisation	0.79	1.30	1.65	1.18
% 0 auto	37.1%	13.6%	5.5%	22.3%
% 2 autos et +	15.2%	36.2%	58.1%	32.9%
% 1 pers.	47.1%	29.7%	18.3%	31.0%
% 4 pers. et +	9.6%	20.6%	29.6%	19.4%
Personnes	93 740	70 380	117 990	3 300 270
% 17 ans et -	15.2%	18.8%	27.5%	21.3%
% 65 ans et +	17.0%	17.9%	7.2%	12.8%
% non-mobile	16.3%	19.2%	11.9%	15.5%
Déplacements	48 480	34 010	73 470	1 805 280
% dépl. motorisés	88.3%	95.8%	91.3%	89.7%
% dépl. auto conducteurs	53.3%	74.8%	73.0%	63.6%
% dépl. auto passagers	42.0%	60.4%	59.9%	50.4%
% dépl. TC	11.2%	14.3%	13.1%	13.2%
% dépl. non-motorisés	35.3%	15.0%	8.0%	20.3%
% dépl. travail	11.5%	4.2%	8.6%	10.1%
% dépl. étude	55.8%	56.9%	50.6%	52.5%
% dépl. autre	26.2%	27.4%	33.6%	31.0%
% dépl. autre	18.0%	15.7%	15.7%	16.5%

Source : Enquête OD 2003

Cette analyse comparative des données d'enquêtes OD permet également l'observation de la consommation de transport en termes de mobilité (déplacements par personne ou par ménage), de répartition modale (TC vs modes

privés) et de représentativité de la part de la demande de transport par rapport à celle de la GRM. Le Tableau 4-8 compare la mobilité individuelle des résidents des trois secteurs à l'étude.

Tableau 4-8 : Tableau comparatif de la mobilité individuelle des trois secteurs – Déplacements des résidents – PPAM

Déplacements par personnes – PPAM	Montréal : Rosemont	Laval : Chomedey	Couronne Nord : Ste-Thérèse- de-Blainville
Déplacements Motorisés	0.46	0.46	0.57
Transport en commun	0.18	0.07	0.05
Auto-conducteur	0.22	0.29	0.37
Auto-passager	0.06	0.07	0.08
Déplacements Non-motorisés	0.06	0.02	0.05

Source : Enquête OD 2003

Les données relevées de la plus récente enquête OD relèvent que l'utilisation des transports collectifs est bel et bien influencée par l'éloignement au CV. En effet, le secteur Rosemont présente un taux de mobilité en transport collectif en PPAM de 0.18 déplacement par personne tandis qu'il n'est que de 0.05 déplacement par personne en banlieue (Couronne Nord).

Une décomposition hiérarchique des déplacements-modes est présentée à l'Annexe 3 et montre l'évolution de la répartition modale de 1982 à 2003. Ces graphiques révèlent, pour le secteur montréalais Rosemont, une perte de la proportion des déplacements en transport en commun, particulièrement celle des autobus, au profit des déplacements effectués par les auto-passagers (+44.5%). De plus, les déplacements par la marche ont également subi une importante baisse, passant de 15.3% à 9.8%. Pour le secteur lavallois Chomedey, une forte diminution de la proportion des modes non-motorisé (-65.3%) ainsi que des modes de transports collectifs (-27.2%) est perceptible. Dans le cas du secteur périurbain Ste-Thérèse-de-Blainville, celui-ci représente une des seules régions dans la GRM à avoir subi une augmentation dans sa proportion des déplacements en transport en commun. Bien qu'il s'agisse d'une hausse de plus de 65.9%, ce secteur présente encore, en 2003, un faible taux d'utilisation des transports collectifs (8.0%).

L'observation des comportements de déplacements de diverses clientèles ciblées dans cette analyse permet de confirmer l'existence de certaines relations entre le lieu de résidence et les comportements de mobilité. La connaissance de ces relations facilite le travail des planificateurs et leur permet de mieux prévoir les interventions en matière de transport.

4.4 Accessibilité au métro

Tel que présenté au chapitre précédent, l'observation de différentes clientèles permet de distinguer les variables significatives en matière de répartition des modes de transport. Les données obtenues à l'aide des grandes enquêtes OD permettent également de caractériser diverses clientèles, tel que, par exemple, celle du métro de Montréal. Cette étude a d'abord été réalisée par Chapleau (1992b) avec les données de l'enquête de 1987 et des recensements de 1981 et 1986. L'analyse de cette clientèle examine l'effet structurant du métro de Montréal sur le territoire. De plus, l'association du système d'information provenant des enquêtes OD avec celui des recensements permet de « *décupler le pouvoir analytique des instruments actuels de planification du transport urbain* » (Chapleau, 1992b). L'étude de Chapleau (1992b) établit, à l'aide des données des recensements, un profil très précis des zones d'influence de 300m, 600m et 1000m autour de chaque station de métro. Cette étude toutefois, prend en considération les secteurs des enquêtes OD situés à proximité des infrastructures du métro de Montréal et, agrémentée des données du recensement de 2001, permet de mieux connaître les caractéristiques socio-démographiques et les habitudes de transport des usagers actuels ou potentiels de ce mode de transport.

La méthodologie suivante a été utilisée pour réaliser cette analyse :

- Le voisinage immédiat comprend tous les secteurs qui possèdent une station de métro sur leur territoire;
- Pour le voisinage d'un kilomètre, il comprend tous les secteurs des enquêtes touché par cette zone d'influence autour des stations de métro;

- Pour les données du recensement de 2001, les secteurs (SR) pris en compte sont ceux dont le centroïde est inclus dans l'aire des secteurs d'enquêtes touchés par zone d'influence des infrastructures du métro.

La représentation géographique des secteurs inclus dans cette analyse est présentée à la Figure 4-25.

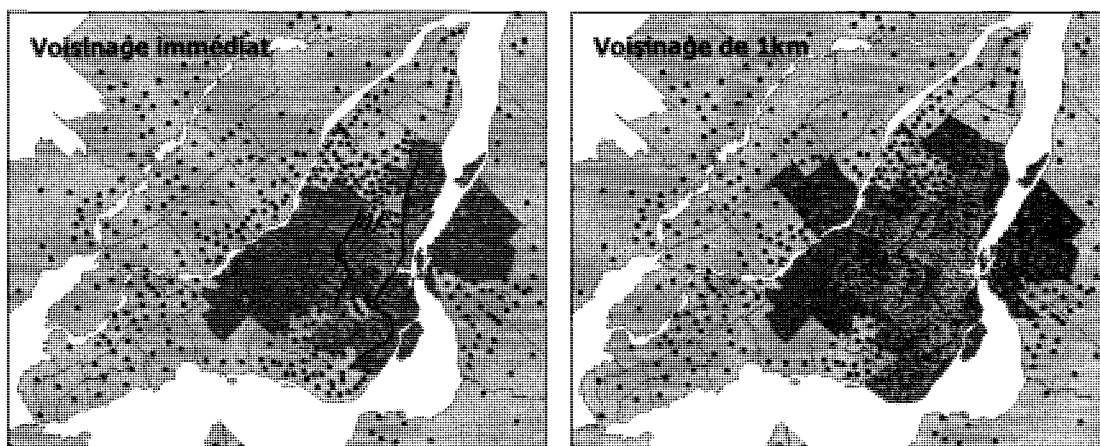


Figure 4-25 : Visualisation des secteurs d'enquêtes OD (aires grises) et des secteurs de recensement (points roses) dans les voisinages immédiat et d'un kilomètre du métro de Montréal

Source : Enquête OD 2003 et Recensement 2001

Lors de l'enquête OD 2003, le voisinage immédiat des stations de métro regroupe 34.9% de la population, 39.2% des ménages et seulement 27.0% des automobiles sur un territoire de 227 km², soit moins de 6.8% du territoire global. Dans les zones chevauchant la zone d'influence d'un kilomètre d'une station de métro se confine 45% de la population et 50% des ménages sur un territoire légèrement supérieur au précédent, 9.2% de l'aire de la région métropolitaine. Ces personnes se partagent 36.8% des automobiles de la GRM.

Tableau 4-9 : Statistiques des voisinages du métro de Montréal

	Voisinage immédiat		Voisinage de 1km	
ENQUÊTE OD				
Population 2003	1 151 360	34.9%	1 478 260	44.8%
Ménages 2003	536 280	39.2%	688 380	50.3%
Automobiles 2003	436 750	27.0%	595 210	36.8%
Aire (km ²)	227	6.8%	308	9.2%
Secteurs enquête OD (65S)	16	24.6%	23	35.4%
RECENSEMENT				
Population 2001	1 125 350	35.1%	1 458 055	45.4%
Secteurs recensement (SR)	342	42.5%	425	52.8%

Source : Enquête OD 2003 et Recensement 2001

La décomposition de la GRM en deux divisions distinctes à l'aide d'une variable *dummy* (où un secteur obtient 1 s'il y a présence d'une station de métro sur son territoire, et 0 s'il y a absence), permet une analyse de l'effet de l'accessibilité à une infrastructure lourde de transport collectif sur les caractéristiques socio-démographiques et sur les comportements de mobilité de ses résidents.

La proximité d'infrastructures lourdes de TC, telles que le métro, joue un rôle important sur les caractéristiques socio-économiques. La taille des ménages et le taux de motorisation, ainsi que leurs variables reliées, sont particulièrement hétéroclites dans les deux zones. Pour la zone du voisinage d'un kilomètre, on remarque un nombre élevé de célibataires (40.4% contre 21.5%) ainsi qu'un taux élevé de ménages non-motorisés (34.6% contre 9.8%).

Les variables relatives à l'âge ne divergent que très peu, quoique les personnes âgées de 65 ans et plus (11.9% contre 14.4%) s'y retrouvent en plus grand nombre tandis que les moins de 17 ans y sont relativement moins nombreux (23.1% contre 17.8%).

Tableau 4-10 : Résumé des caractéristiques moyennes des zones d'accessibilité aux infrastructures lourdes de métro – GRM

	Voisinage immédiat		Voisinage de 1km	
	0 (extérieur)	1 (intérieur)	0 (extérieur)	1 (intérieur)
MÉNAGES	831 430	536 280	679 330	688 380
Taille des ménages	2.58	2.15	2.68	2.15
Motorisation	1.17	0.73	1.24	0.77
% sans auto	12.5%	37.3%	9.8%	34.6%
% avec 2 autos et +	44.0%	15.7%	48.3%	17.7%
% avec 1 pers.	24.5%	41.0%	21.5%	40.4%
% avec 4 pers. et +	23.9%	12.5%	25.9%	13.0%
Revenu moyen	60 060\$	45 650\$	61 260\$	47 660\$
PERSONNES	2 148 910	1 151 360	1 822 010	1 478 260
Âge moyen	37.2	38.3	36.5	38.8
% 65 ans et +	11.9%	14.4%	10.9%	15.1%
% 17 ans et -	23.1%	17.8%	24.2%	17.7%
Revenu moyen	31 020\$	26 950\$	30 900\$	28 000\$
DÉPLACEMENTS	1 237 420	567 860	1 066 530	738 750
Dépl. Motorisés	91.9%	84.9%	92.1%	86.1%
Dépl. Auto	69.9%	50.2%	71.0%	53.2%
Dépl. TC	14.7%	32.4%	13.0%	30.9%
Dépl. Non-motorisés	7.9%	15.0%	7.7%	13.7%
Mobilité (Dépl./pers.)	1.49	1.06	1.57	1.07
RM 1982	25.3%	49.2%	21.2%	47.6%
RM 2003	16.2%	38.5%	14.2%	36.3%

Source : Enquêtes OD 1982, 2003 et Recensement 2001

À l'aide du recensement de 2001, certains caractères de la zone d'influence du métro appréciée à une distance maximale d'un kilomètre des stations, peuvent être dégagés. L'Annexe 2 présente le résumé des caractéristiques du recensement de 2001.

- Concentration des 25-35 ans et des personnes âgés (65 ans et plus);
- Regroupement des moins et des plus scolarisés (14% n'ont pas de 9^e année et 38% ont un niveau inférieur à la 13^e année, tandis que 30% ont un niveau universitaire);
- Taux de chômage de 9% et proportion d'inactifs de 36%;
- Proportion minimal de propriétaire (38% de logements possédés);

- Région à densité maximale (15% de maisons individuelles et 13% d'appartements de 5 étages et plus);
- Habitat ancien (51% des logements construit avant 1960);
- Taille des ménages inférieure (2.67 vs 2.43 pour la GRM) due à une sur-proportion des ménages de 1 personne (40%);
- Revenu personnel parmi les plus faibles (28 000\$ vs 29 590\$ pour la GRM).

L'accessibilité au métro a également une responsabilité dans la part d'utilisation des services de transports collectifs. En effet, la part modale moyenne des transports en commun, en 2003, passe de 14.2% pour les régions où il y a absence de la zone d'influence des infrastructures du métro, à 36.3% pour celles où il y a présence d'une station. Par contre, bien que cette RM soit de 2.5 fois plus élevée dans la zone d'accessibilité au métro, une diminution importante s'est fait sentir depuis les deux dernières décennies, passant de 47.6% à 36.3%.

En conclusion, l'étude de l'accessibilité à une infrastructure lourde de transport collectif démontre l'effet structurant de celle-ci sur le territoire montréalais. Les planificateurs des services de transport possèdent donc, grâce à ces études de différentes clientèles, de meilleurs outils pour définir le rendement en termes de mobilité de la présence d'une infrastructure sur un territoire.

CHAPITRE 5. EXPLORATION DE RELATIONS EXPLICATIVES DE LA RÉPARTITION MODALE PAR L'ENTREMISE DE MÉTHODES STATISTIQUES CLASSIQUES

Suite à la création d'un instrument interactif de consultation de données (MOBSPAT) et par le biais de différentes méthodes graphiques, de calculs d'indicateurs et de techniques de visualisation, il a été possible de décrire et d'illustrer les grandes tendances ressenties dans la GRM au cours des vingt dernières années (Chapitre 4). Toujours à des fins de description et d'explication de la répartition modale, l'exploration du phénomène par l'entremise de méthodes statistiques classiques, telles que des régressions et des corrélations permet d'apprécier les effets des différentes variables sur la répartition des modes de transport.

L'analyse précédente révélait une relative stabilité de la mobilité, mais une forte croissance de l'usage de la voiture, en parallèle à une diminution de la part des modes de transport en commun et des modes actifs. Plusieurs facteurs permettent une tentative d'explication de ce phénomène de l'utilisation croissante de l'automobile. Le développement de la motorisation, l'étalement urbain et la dédensification du centre ainsi que la modification des structures familiales sont au nombre des facteurs ayant des effets sur le choix des modes de transport.

Ce chapitre tentera donc une exploration, un survol de différentes méthodes permettant d'expliquer la mobilité dans le contexte urbain de la GRM par la compréhension des interactions entre les différentes caractéristiques des ménages, personnes et déplacements.

5.1 Description des variables

Certaines variables ont été retenues afin de tenter une explication de la répartition des déplacements selon le mode de transport choisi. Elles peuvent se regrouper en trois grandes catégories (Figure 5-1) : les caractéristiques de la population (âge et revenu moyen), des ménages (motorisation et taille des ménages) et du territoire (distance au CV et densité de population et variables « *dummy* » pour les secteurs

de l'Île de Montréal, et ceux inclus dans la zone de voisinage d'un kilomètre d'une infrastructure de métro).

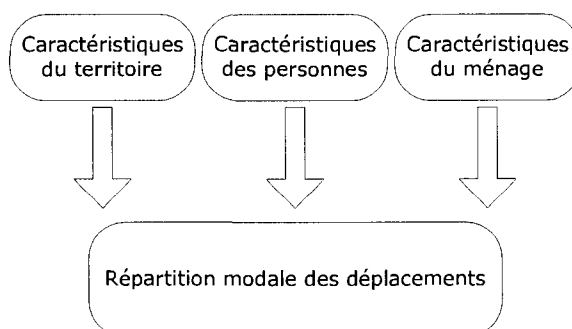


Figure 5-1 : Relations entre les trois groupes de variables et la répartition modale

Le Tableau 5-1 donne la définition des abréviations des variables selon leur regroupement en caractéristiques urbaines, sociales ou de mobilité.

Tableau 5-1 : Description des variables

Variables	Description
Caractéristiques urbaines	
DISTCV	Distance au centre-ville (km)
DENSP	Densité brute de population (personnes/km ²)
DENSM	Densité brute de ménages (ménages/km ²)
dummy_CUM	Variable <i>dummy</i> pour l'Île-de-Montréal
dummy_metro	Variable <i>dummy</i> pour voisinage du métro
Caractéristiques socio-démographiques	
Ménages	
TAIL	Taille des ménages (personnes/ménage)
MEN1	ménages de 1 personne (%)
MEN4	ménages de 4 personnes et plus (%)
MOT	Motorisation (automobiles/ménage)
0AUT	ménages sans automobile (%)
2AUTP	ménages avec 2 autos et plus (%)
REVMOYM	Revenu moyen des ménages (\$)
Personnes	
P17M	personnes de 17 ans et moins (%)
P65P	personnes de 65 ans et plus (%)
POSS	Motorisation (automobiles/personnes)
REVMOYP	Revenu moyen des personnes (\$)
Caractéristiques de mobilité	
TC	Dépl. TC / Dépl. Totaux (%)
PIED	Dépl. Pied / Dépl. Totaux (%)
MET	Dépl. Métro / Dépl. Totaux (%)
RM	Répartition modale (Dépl. TC / Dépl. Motorisés) (%)

5.1.1 Statistiques descriptives

Certaines statistiques descriptives ont été calculées pour ces variables à partir des observations des 65 secteurs de la GRM de l'enquête OD 2003 (sauf pour le revenu moyen tiré du recensement canadien de 2001). Ces statistiques servent à présenter, décrire et résumer l'ensemble de données selon une méthode mathématique. Par ailleurs, des valeurs pondérées par le nombre de personnes, de ménages ou de déplacements ont été utilisées lors de l'agrégation des secteurs et lors de l'emploi des statistiques descriptives.

Tableau 5-2 : Statistiques descriptives des variables

Variables	Moyenne	Minimum	Maximum	Écart-type
DISTCV (km)	15.4	0.0	42.0	9.8
DENSP (personnes/km ²)	988	40	13 470	3 805
DENSM (ménages/km ²)	409	15	7277	1881
TAIL (personnes/ménage)	2.41	1.65	3.22	0.35
MEN1 (%)	31.0	8.2	59.6	12.0
MEN4 (%)	19.4	3.5	43.4	8.6
MOT (automobiles/ménage)	1.18	0.46	1.91	0.39
0AUT (%)	22.3	0.0	60.1	15.3
2AUTP (%)	32.9	4.7	71.5	19.0
POSS	0.491	0.277	0.678	0.101
P17M (%)	21.3	6.9	28.6	4.4
P65P (%)	12.8	5.0	32.4	4.8
REVMOYP (\$)	29 590	18 950	77 530	12 220
REVMOYM (\$)	54 390	30 790	138 230	26 940
TC (%)	19.9	1.6	41.5	10.0
PIED (%)	9.0	0.0	24.9	5.1
MET (%)	11.3	0.0	29.4	8.0
RM1 (%)	23.2	1.7	51.0	12.6

Source : Enquête OD 2003 & Recensement 2001

5.2 Différents modèles de régression simples

Différents modèles de régression simples tentent de représenter la répartition modale en fonction de certains facteurs explicatifs. Il est à noter que les régressions montrées dans ce chapitre ne sont pas pondérées.

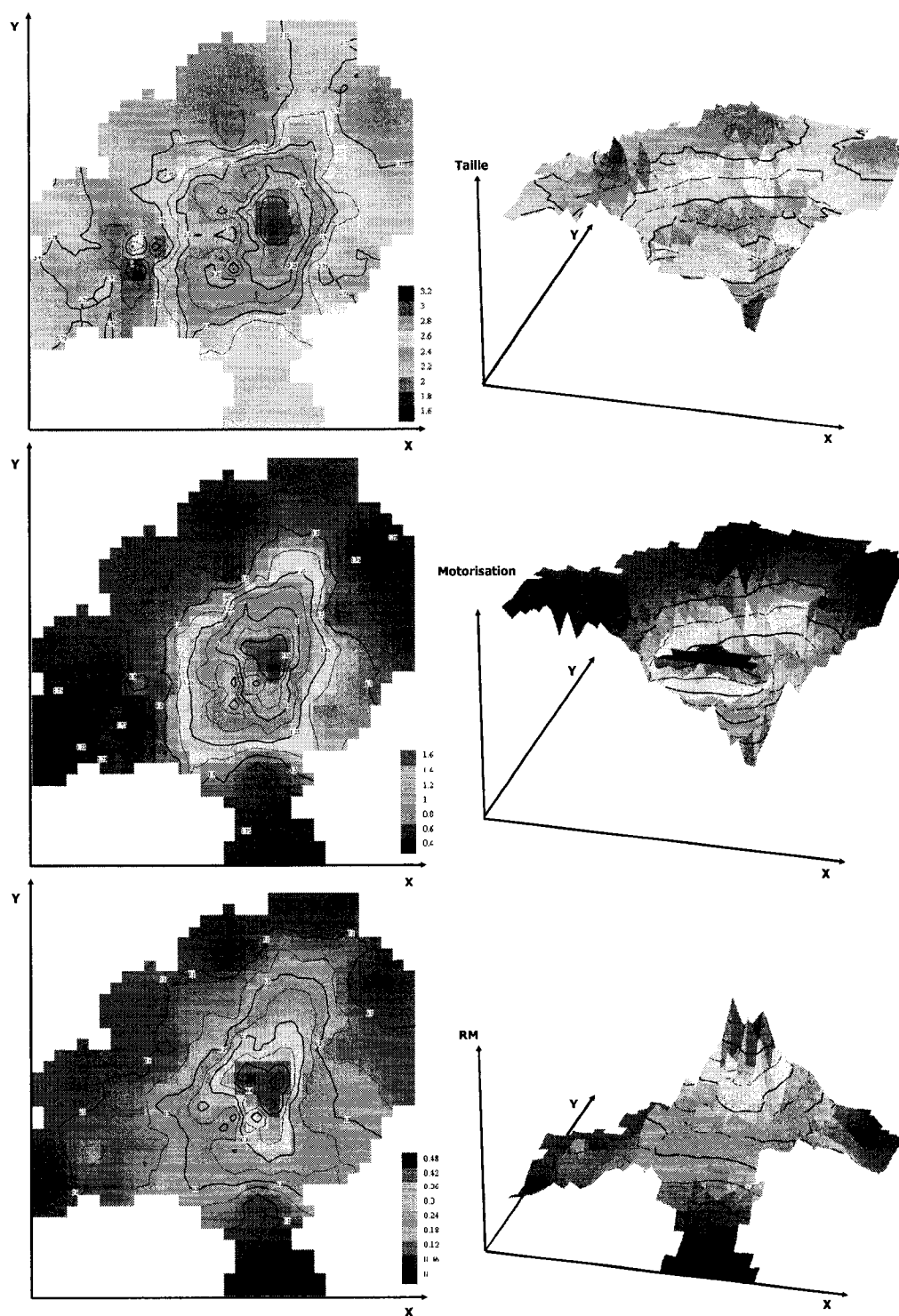


Figure 5-2 : Répartition des ménages selon leur taille (a) et leur motorisation (b) et la répartition modale des TC (c) – 65 Secteurs

Source : Enquête OD 2003

Tel qu'énoncé par Chapleau et al. (2005), la grande région de Montréal est caractérisée par une structure fortement radio-concentrique en termes d'attributs socio-démographiques, telles que la taille, la motorisation et la structure des ménages ce qui confirme l'hypothèse que la distance au CV influence ces variables. En effet, l'analyse des modèles numériques de terrain, où sont représentées des courbes de niveau (Figure 5-2), démontre clairement ce caractère de la GRM qui s'organise en cercles concentriques, du centre-ville à la périphérie.

5.2.1 Influence de la motorisation

Souvent utilisé pour représenter un certain niveau de vie, l'indicateur du nombre d'automobiles par ménage démontre l'influence de cette variable sur les comportements d'utilisation des modes de transport. Les Figure 5-3 et Figure 5-6 font état des équations de régressions linéaires obtenues avec les données d'enquêtes de 1982 à 2003, à un niveau d'agrégation des 65 secteurs.

Sur le premier graphique (Figure 5-3) où la répartition modale illustre la part des déplacements motorisés effectués en transport collectif, on remarque que l'ordonnée à l'origine diminue fortement dans le temps tandis que l'influence (pente) de l'automobile additionnelle s'atténue.

Les symboles identifient les grands secteurs géographiques permettant de discerner les régions urbaines et suburbaines. De plus, l'analyse des taux de déplacement automobile selon la motorisation démontre clairement l'importante influence que cette dernière connaît sur la répartition modale puisque leur relation statistique est hautement significative.

Les calculs d'élasticités permettent de quantifier l'effet que la variation de la variable x peut avoir sur la variable y . Par exemple, dans le cas précédent, une augmentation de 10% du nombre d'automobiles ferait passer la motorisation de 1.18 à 1.30 autos/ménage, entraînant ainsi une réduction de la répartition modale de 26.1% à 22.4%. Qualitativement, cela correspond à une baisse d'environ 60 000 déplacements en transport en commun, une chute de 16.2%.

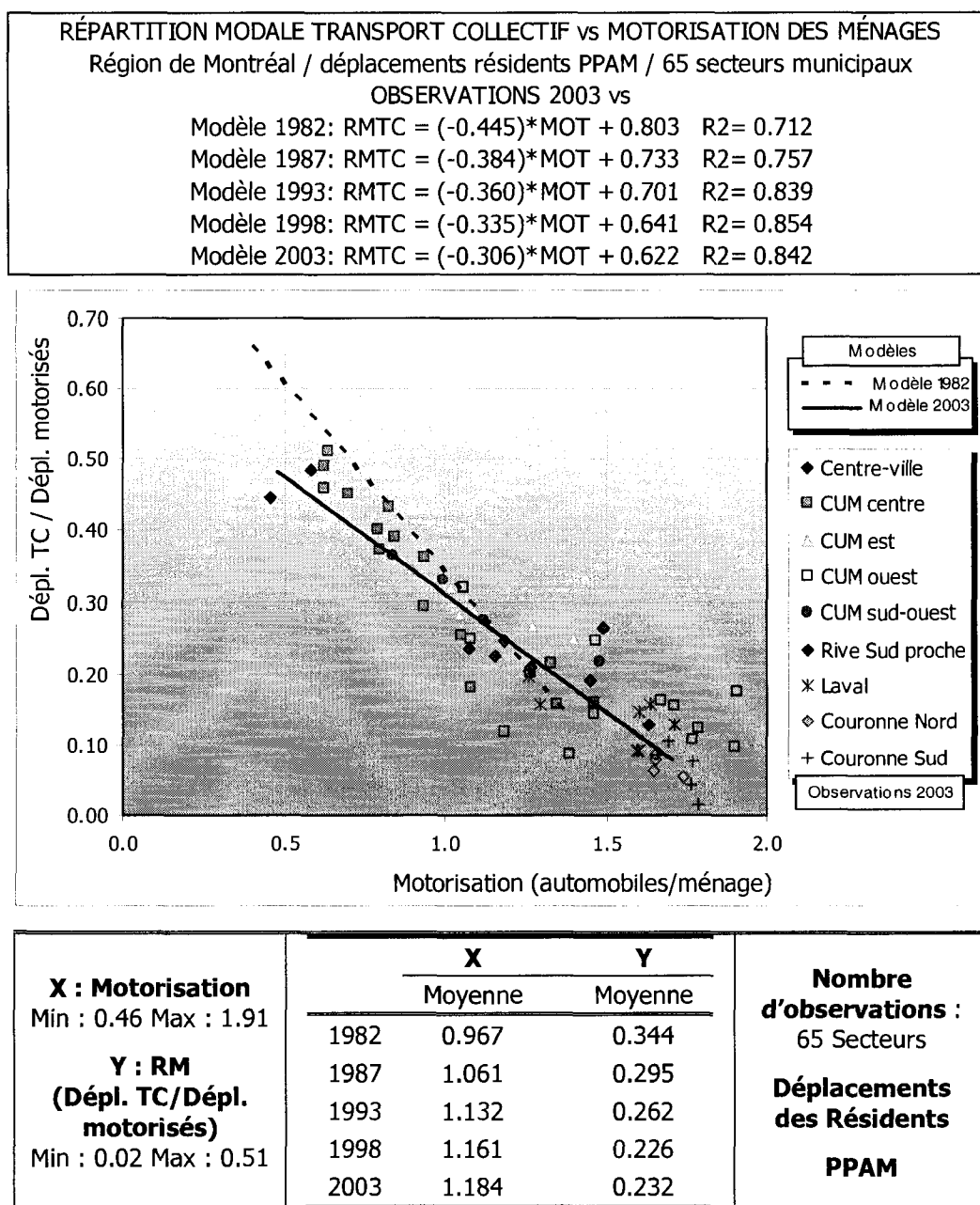


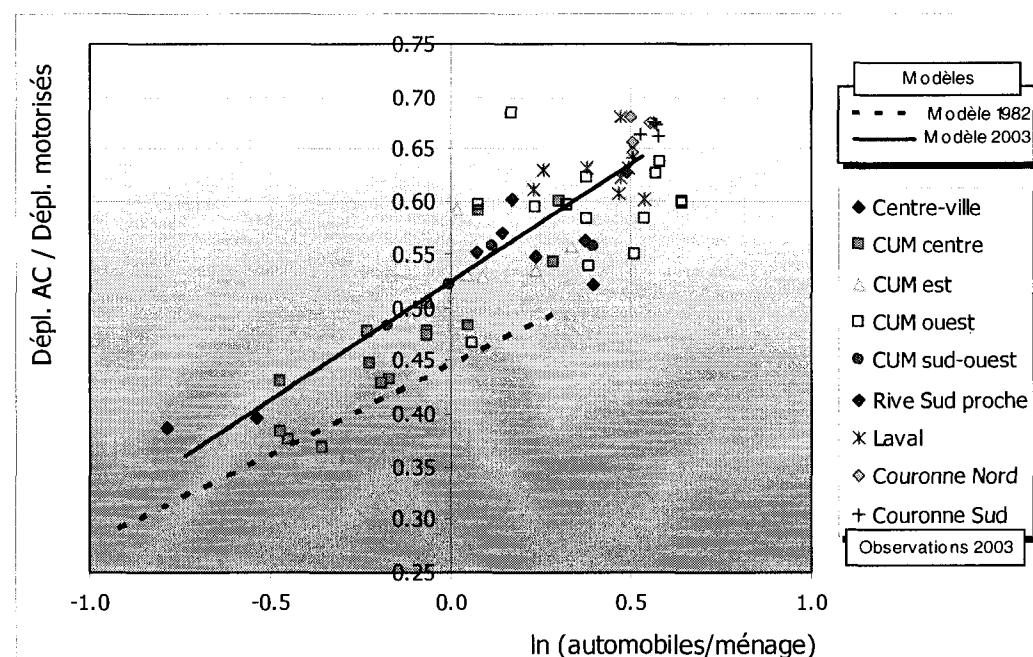
Figure 5-3 : Cinq modèles de régression linéaire (de 1982 à 2003) exprimant la part du transport en commun en fonction de la motorisation

Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003

On remarque également une certaine dispersion des points autour de la droite qui permet de souligner que d'autres modèles pourraient être mieux représenter les observations. Par exemple, un modèle logarithmique appliqué sur les données des

65 secteurs pour l'année 2003 donne cette équation : $RMTC = (-0.318) * \ln(MOT) + 0.282$ et possède un coefficient de détermination (R^2) de 0.913.

RÉPARTITION MODALE AUTO CONDUCTEUR vs $\ln(MOTORISATION\ DES\ MÉNAGES)$ Région de Montréal / déplacements résidents PPAM / 65 secteurs municipaux OBSERVATIONS 2003 vs			
Modèle 1982:	$RMAC = (0.170) * \ln(MOT) + 0.409$	$R^2 = 0.630$	
Modèle 1987:	$RMAC = (0.195) * \ln(MOT) + 0.458$	$R^2 = 0.658$	
Modèle 1993:	$RMAC = (0.218) * \ln(MOT) + 0.486$	$R^2 = 0.686$	
Modèle 1998:	$RMAC = (0.216) * \ln(MOT) + 0.509$	$R^2 = 0.701$	
Modèle 2003:	$RMAC = (0.223) * \ln(MOT) + 0.515$	$R^2 = 0.761$	



X : ln (motorisation) Min : -0.78 Max : 0.65 Y : RM (Dépl. AC/Dépl. motorisés) Min : 0.37 Max : 0.69		X	Y	Nombre d'observations : 65 Secteurs Déplacements des Résidents PPAM
		Moyenne	Moyenne	
	1982	-0.090	0.435	
	1987	0.000	0.492	
	1993	0.060	0.527	
	1998	0.091	0.555	
	2003	0.105	0.563	

Figure 5-4 : Cinq modèles de régression linéaire (de 1982 à 2003) exprimant la répartition modale auto conducteur en fonction du logarithme naturel de la motorisation des ménages

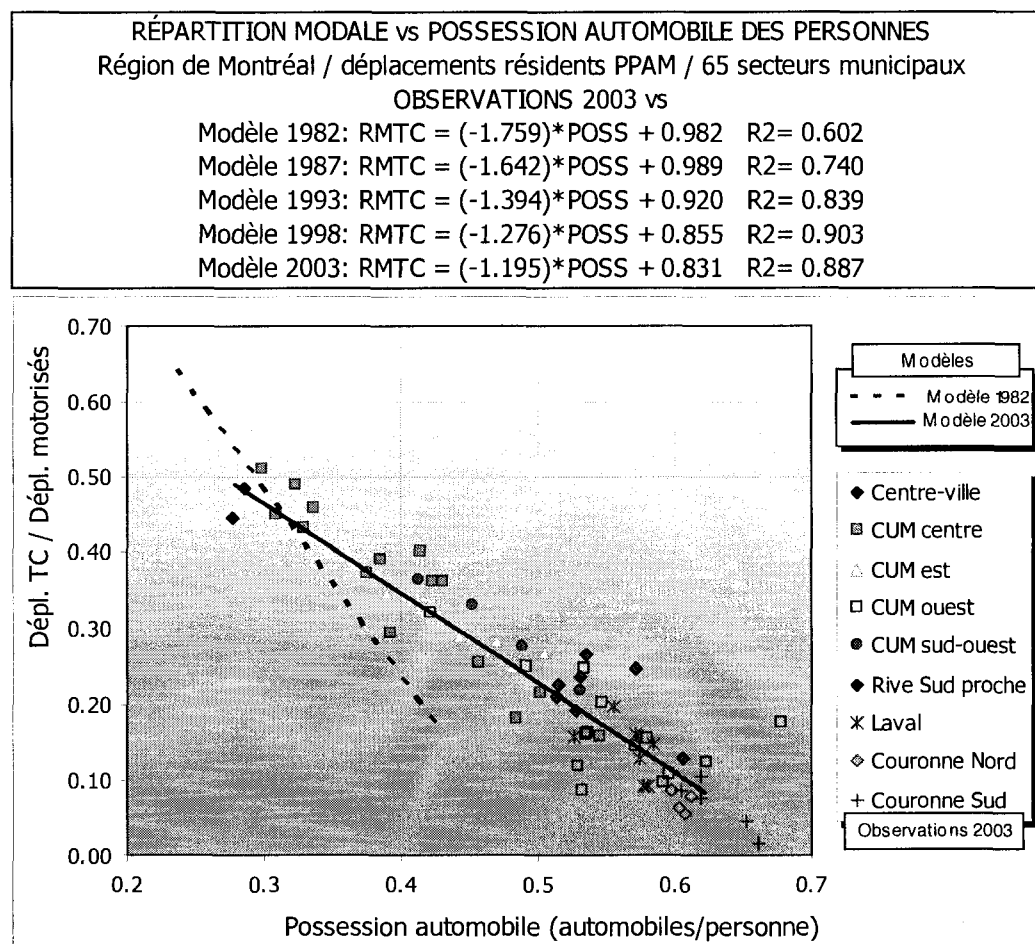
Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003

Sur ce second graphique (Figure 5-4), la répartition modale, définie cette fois-ci par la part des déplacements motorisés effectués en auto-conducteurs, est représentée en fonction du logarithme naturel de la motorisation des ménages. On remarque une ordonnée à l'origine de plus en plus élevée au cours des années tandis que l'influence (pente) de l'automobile additionnelle augmente continuellement le nombre de déplacements des auto-conducteurs.

Une nette séparation des régions administratives est visible sur ce graphique. En effet, les secteurs inclus dans les régions du Centre-ville et de la CUM-centre se retrouvent majoritairement du côté négatif de l'axe des x; ils possèdent donc une motorisation moyenne inférieure à une automobile par ménage. Tous les autres secteurs des sept autres régions administratives se trouvent du côté positif de l'axe.

Le troisième graphique (Figure 5-5) montre la répartition modale des transports en commun en fonction, cette fois-ci, de la motorisation individuelle. Cette autre définition de la motorisation, telle qu'examinée précédemment, permet d'apprécier l'augmentation directe de la motorisation, sans l'effet de la baisse de la taille des ménages. Sur la même période de vingt ans, la motorisation individuelle a subi une croissance presque deux fois plus élevée que la motorisation des ménages.

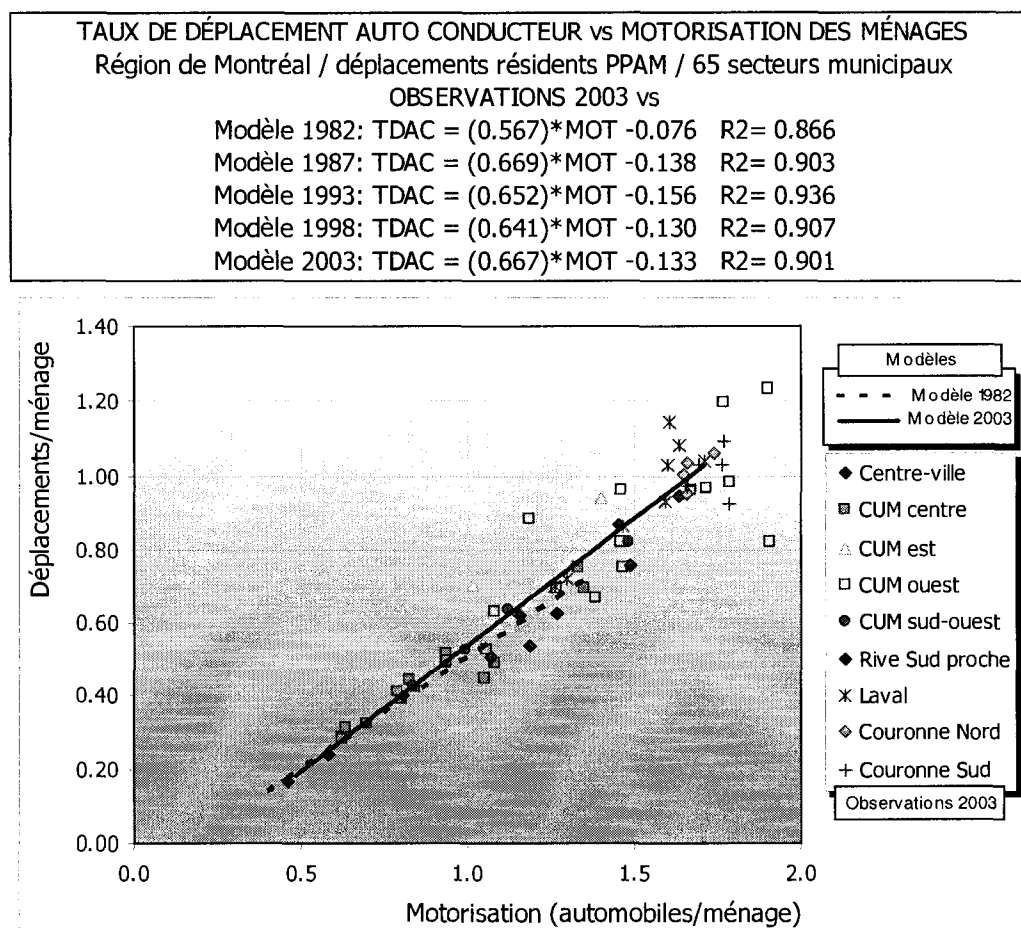
Le calcul d'élasticité permet de quantifier l'effet que la variation de la motorisation individuelle peut avoir sur la répartition modale. Par exemple, dans ce cas-ci, une augmentation de 10% du nombre d'automobiles ferait passer la motorisation de 0.49 à 0.54 autos/personne, entraînant ainsi une réduction de la répartition modale de 24.5% à 18.6%. Qualitativement, cela correspond à une baisse d'environ 94 900 déplacements en transport en commun, une chute de 24.0%. En considérant la définition de la motorisation individuelle, par rapport à la motorisation des ménages, on obtient une diminution du nombre de déplacements effectués en transport collectif 60% plus élevée.



X : Possession auto Min : 0.28 Max : 0.68	X	Y	Nombre d'observations : 65 Secteurs
	Moyenne	Moyenne	
Y : RM (Dépl. TC/Dépl. motorisés) Min : 0.02 Max : 0.51	1982	0.358	Déplacements des Résidents PPAM
	1987	0.414	
	1993	0.458	
	1998	0.480	
	2003	0.491	

Figure 5-5 : Cinq modèles de régression linéaire (de 1982 à 2003) exprimant la répartition modale TC en fonction de la possession automobile

Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003



X : Motorisation Min : 0.46 Max : 1.91 Y : Mobilité (Dépl. /ménage) Min : 0.530 Max : 2.135		X	Y	Nombre d'observations : 65 Secteurs Déplacements des Résidents PPAM
		Moyenne	Moyenne	
	1982	0.967	1.318	
	1987	1.061	1.271	
	1993	1.132	1.057	
	1998	1.161	0.975	
	2003	1.184	0.986	

Figure 5-6 : Cinq modèles de régression linéaire (de 1982 à 2003) exprimant le taux de déplacement automobile en fonction de la motorisation

Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003

Sur le quatrième graphique (Figure 5-6), le taux de déplacements des ménages effectué selon le mode auto-conducteur est représenté en fonction de la motorisation moyenne de ces ménages. On remarque une faible dispersion des points autour de la droite; seuls les secteurs de la CUM-ouest se détachent de la

droite de régression. De plus, une faible variation des coefficients des équations des différents modèles est observée.

En conclusion, la motorisation est sans aucun doute une variable prédominante dans la répartition des modes de transport. De plus, les relations, les régressions et les calculs d'élasticités explorés précédemment ont permis de mieux expliquer et quantifier les effets des variations de la motorisation.

5.2.2 Importance des densités

Le territoire métropolitain étant en constante évolution, tant au niveau de l'étalement des populations vers les banlieues qu'au niveau de l'occupation du sol, l'évolution des densités joue un rôle substantiel sur la mobilité. En effet, comme l'ont conclu Spillar et Rutherford (1990) en se basant sur la théorie de l'accessibilité aux services, la densité influence les taux d'utilisation des transports collectifs. La densité et l'occupation du sol apparaissent comme des variables de choix pour la modélisation du mode de transport. La décroissance des densités urbaines encourage donc la possession et l'utilisation de la voiture particulière, et renforce la tendance générale à une augmentation de la part des déplacements en automobile au détriment des autres modes de déplacement (Masson, 1998).

Le Tableau 5-3 montre les variations de densité de population par région. La CUM n'a connu qu'une très faible variation de densité tandis que les régions suburbaines ont vu la manifestation de l'étalement urbain par une hausse de leur population. Il faut souligner le fait que le territoire de la GRM s'est constamment agrandi durant les deux dernières décennies et que le fait de ne prendre en considération qu'un territoire comparable à celui de l'enquête de 1982 ne représente pas l'ampleur du phénomène de l'étalement urbain observé dans l'ensemble de la région métropolitaine.

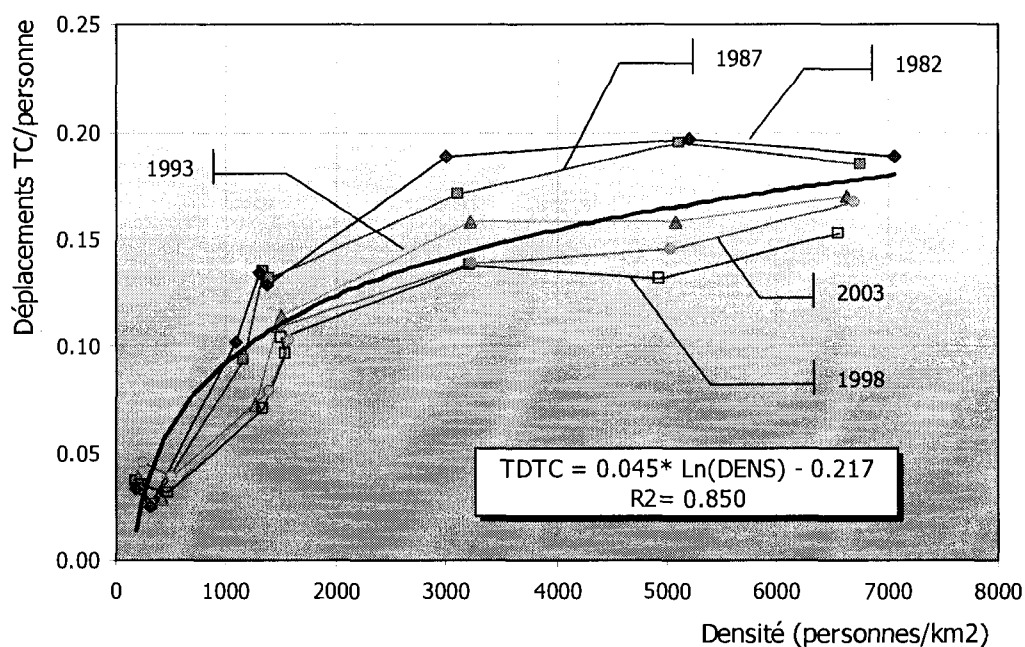
Tableau 5-3 : Densité de population de la GRM (personnes/km² brut)

	1982	2003	1982-2003
CUM	3 647	3 720	2.0%
Centre-ville	6 080	7 474	22.9%
CUM centre	7 062	6 698	-5.2%
CUM est	3 006	3 241	7.8%
CUM ouest	1 305	1 570	20.3%
CUM sud-ouest	5 206	5 041	-3.2%
Hors-CUM	385	521	35.3%
Rive sud proche	1 374	1 500	9.2%
Laval	1 081	1 389	28.4%
Couronne Nord	301	498	65.5%
Couronne Sud	172	250	45.3%
GRM	861	988	14.7%

Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003

Le modèle suivant (Figure 5-7), qui possède un bon coefficient de détermination, résume l'importance de la densité sur l'utilisation des transports collectifs. Le taux de déplacement en transport en commun (déplacement TC/personne) a diminué jusqu'en 1998, conséquence de la diminution de la densité de population, elle-même due au phénomène de l'étalement urbain (Chapleau, 1998). Dû à un nombre insuffisant d'observations, l'exclusion du secteur CV (1) a été nécessaire dans cette régression puisqu'il présentait une variance trop importante en termes de densité par rapport aux autres secteurs.

TAUX DE DÉPLACEMENT TC vs DENSITÉ BRUTE DE POPULATION		
Région de Montréal / déplacements résidents PPAM / 9 Régions municipales		
OBSERVATIONS 9 Régions vs		
Modèle 1982:	$TDTC = (0.051) * \ln(DENS) - 0.242$	$R^2 = 0.939$
Modèle 1987:	$TDTC = (0.050) * \ln(DENS) - 0.237$	$R^2 = 0.935$
Modèle 1993:	$TDTC = (0.044) * \ln(DENS) - 0.218$	$R^2 = 0.911$
Modèle 1998:	$TDTC = (0.039) * \ln(DENS) - 0.193$	$R^2 = 0.918$
Modèle 2003:	$TDTC = (0.040) * \ln(DENS) - 0.195$	$R^2 = 0.927$



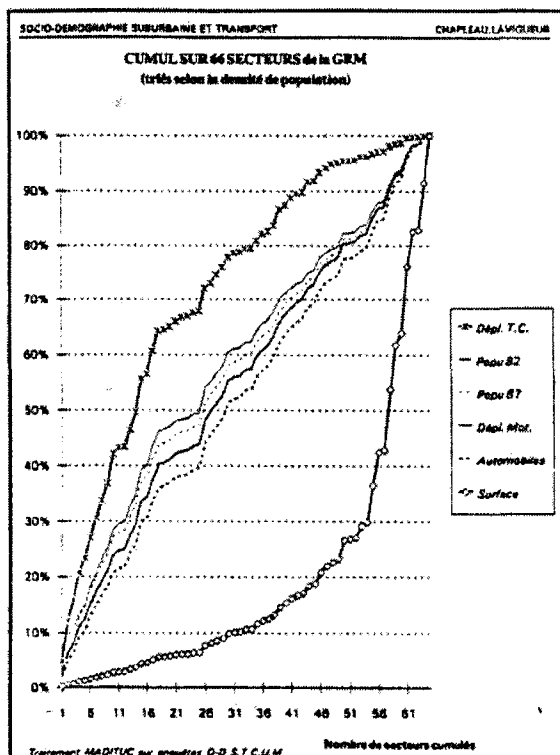
X : Densité de personnes Min : 36 Max : 14 460	Moyenne		Y : Taux Dépl. (Dépl. TC/pers.) Min : 0.004 Max : 0.212	Nombre d'observations : 65 Secteurs Déplacements des Résidents PPAM
	X	Y		
	1982	860	0.054	
	1987	870	0.053	
	1993	925	0.044	
	1998	960	0.038	
	2003	990	0.041	

Figure 5-7 : Cinq modèles de régression linéaire (de 1982 à 2003) exprimant le taux de déplacement (résidents - PPAM) en transport en commun en fonction de la densité brute – pondérés selon la population

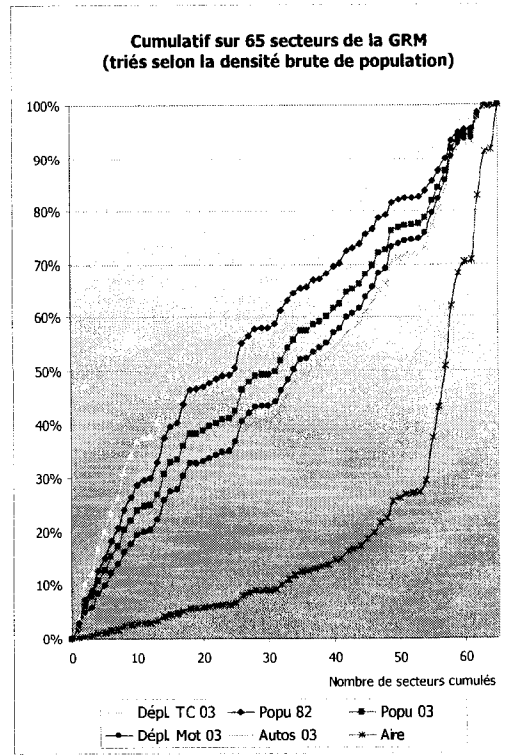
Source : Enquêtes OD 1982, 1987, 1993, 1998, 2003

À partir des données des 65 secteurs, la Figure 5-8 a été construite en classant les secteurs par densité décroissante. Les différentes variables (population de 1982 et

de 2003, nombre d'automobiles, déplacements motorisés et en transport en commun) peuvent alors être comparées selon une même échelle.



(a) Enquêtes OD 1982-1987
(Chapleau et al., 1991)



(b) Enquêtes OD 1982-2003

Figure 5-8 : Distribution cumulative selon la densité brute de personnes : déplacements, population, automobiles

Source : Enquêtes OD 1982-2003

Toujours selon cette figure, pour 2003 (1987), 60% des déplacements en transport en commun s'effectuent par les résidents de 7% (5%) du territoire, 80% avec 15% (10%) du territoire et 90% avec 26% (17%) de la surface totale. Un nombre plus élevé de secteurs est donc nécessaire en 2003, par rapport au niveau de 1987, pour obtenir le même pourcentage de déplacements en transport collectif.

Les secteurs inclus dans la partie centrale, plus urbaine, ayant une densité de population supérieure à 4000 km² représentent 6% du territoire et plus de 40% de la population en 2003, alors qu'ils regroupaient près de 48% en 1982. Les 2

courbes de population attestent le phénomène d'étalement urbain et de dédensification du centre urbain.

5.3 Analyse de corrélation

Par l'analyse des corrélations, on cherche à quantifier et qualifier, dans quelle mesure les variations de la variable X peuvent expliquer les variations de la variable Y. La corrélation n'est perceptible que s'il y a variation.

Tableau 5-4 : Corrélation entre les variables 2003 – Données agrégées en 65 secteurs

	DISTCV	TAIL	MOT	DENSM	AGEM	REVMEN	RM
DISTCV	1						
TAIL	0.712	1					
MOT	0.823	0.905	1				
DENSM	-0.685	-0.740	-0.825	1			
AGEM	-0.430	-0.483	-0.374	0.206	1		
REVMEN	0.252	0.508	0.541	-0.328	0.141	1	
RM	-0.805	-0.752	-0.917	0.822	0.281	-0.443	1

Source : Enquête OD 2003 et Recensement 2001

En regardant le tableau de corrélation, pour l'année 2003, il est intéressant de remarquer que parmi les variables corrélées à la répartition modale des TC, il existe une forte influence de la distance au Centre-ville (négative), de la motorisation (négative) et de la densité brute de ménages (positive), de même qu'une plus légère influence de la taille des ménages (négative). De plus, on remarque l'existence d'une forte corrélation positive entre la motorisation des ménages et la distance au Centre-ville (+0.823) de même qu'entre la motorisation et la taille des ménages (+0.905). L'analyse de corrélation ne montre aucune corrélation forte entre le revenu moyen des ménages et les autres variables.

Afin de vérifier si les corrélations sont les mêmes dans le temps, la même analyse de corrélation pour les données de l'enquête OD de 1982 a été effectuée.

Tableau 5-5 : Corrélation entre les variables 1982 – Données agrégées en 65 secteurs

	DISTCV	TAIL	MOT	DENSM	AGEM	RM
DISTCV	1					
TAIL	0.651	1				
MOT	0.719	0.888	1			
DENSM	-0.694	-0.718	-0.787	1		
AGEM	-0.618	-0.874	-0.688	0.584	1	
RM	-0.851	-0.766	-0.844	0.770	0.729	1

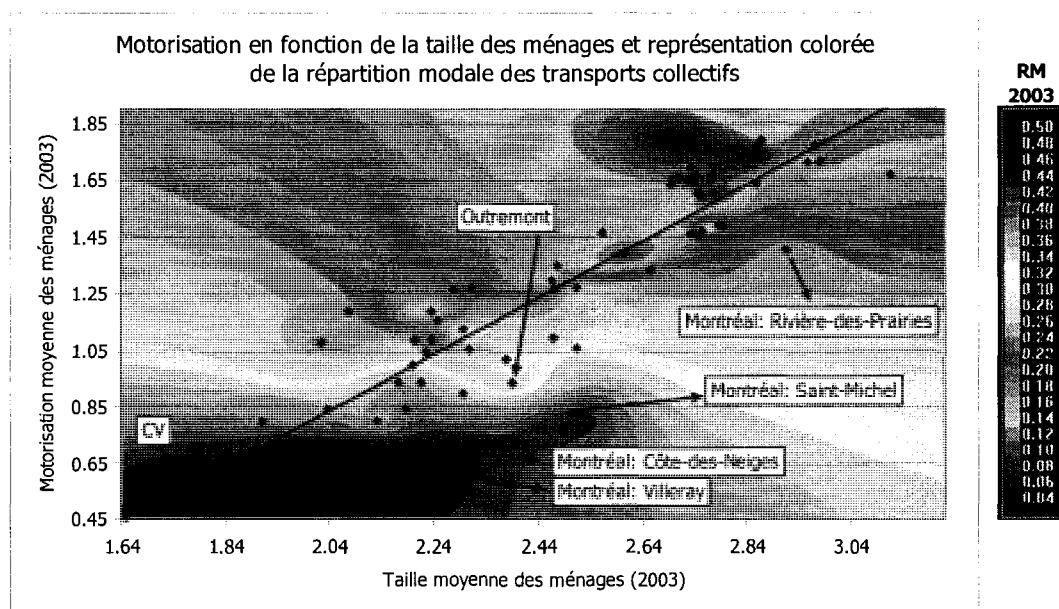
Source : Enquête OD 1982

Une corrélation assez constante entre la répartition modale et les variables illustrées précédemment est observée sur la période 1982-2003. Cela confirme la présence de relations importantes et durables entre certaines variables clé telles que la distance au CV, la densité, la taille et la motorisation des ménages. Toutefois, l'effet de l'âge moyen sur la RM tend à s'atténuer avec le temps. En effet, en 1982, la corrélation était de 0.729 pour passer en 2003 à seulement 0.265. Cette analyse de corrélation permet donc d'observer les relations entre les variations de certaines variables.

5.4 Visualisation de différentes régressions multiples

Cette section présente des analyses et des représentations graphiques pouvant valider les différentes relations relevées au chapitre précédent. Ces visualisations en plusieurs dimensions permettent d'apprécier l'influence de plusieurs variables simultanément. Prises individuellement, ces variables n'expliquent que partiellement la répartition modale. Lorsqu'elles sont regroupées, elles peuvent mettre en relation différents phénomènes et en dégager les exceptions.

Tout d'abord, tel qu'observé dans les chapitres précédents, une forte relation se manifeste entre les caractéristiques des ménages et leur comportement modal. En effet, la figure suivante montre une régression linéaire entre la taille et la possession automobile des ménages, agrémentée d'une représentation colorée de la répartition modale.



X : Taille des ménages Min : 1.65 Max : 3.22 Y : Motorisation Min : 0.46 Max : 1.91	Nombre d'observations : 65 Secteurs Répartition modale : Dépl. TC / Dépl. Motorisés Min : 0.02 Max : 0.51 Déplacements des Résidents PPAM (2003)	Régression Statistique $y = 0.99x - 1.19$ $R^2 = 0.82$
--	--	---

Figure 5-9 : Motorisation en fonction de la taille des ménages et représentation colorée de la répartition modale TC – 65 Secteurs

Source : Enquête OD 2003

La répartition modale est nettement influencée par la taille et la motorisation des ménages. On y remarque que la motorisation augmente à un taux linéaire d'une automobile par personne supplémentaire dans le ménage tandis que les relations avec la répartition modale ne sont pas parfaitement linéaires.

Par exemple, on constate que pour un taux de motorisation inférieur à 0.70 automobile par ménage, et pour une taille des ménages variant entre 1.65 et 2.25 personnes par ménage, la répartition modale demeure constante et relativement élevée (45% et 50%). Le phénomène inverse indique également que la répartition modale s'avère relativement constante avec un faible taux d'utilisation des transports collectifs (moins de 10%) pour des ménages de tailles relativement élevées (de 2.55 à 3.20) ayant un certain niveau de motorisation (plus de 1.70).

Certaines exceptions ressortent de cette figure. En particulier, les secteurs montréalais Côte-des-Neiges, Villeray et St-Michel présentent une taille moyenne des ménages relativement élevée par rapport à la moyenne pour leur taux de motorisation, de même qu'un taux élevé d'utilisation des transports en commun. De plus, en observant le revenu des ménages (Tableau 5-6) de ces trois secteurs, il est possible de remarquer que le revenu moyen des ménages résidant dans ceux-ci se situe dans le premier quartile.

Le secteur Montréal: Rivière-des-Prairies se situe sous la droite de la motorisation en fonction de la taille des ménages. En effet, ce secteur présente une taille plus grande que la moyenne (2.92 personnes/ménage) pour un taux d'automobiles par ménage de 1.40. De plus, sa part des déplacements en transport en commun représente 25.0% des déplacements motorisés ce qui consiste en une particularité pour un secteur ayant une distance au CV de près de 17 kilomètres. En effet, en moyenne, les secteurs distants de 10 à 20 km du CV présentent une RM de 18.5%.

Le secteur Outremont présente une taille de 2.39 personnes/ménage, une motorisation de 0.94 automobile/ménage et une part modale des transports collectifs de 29.5%. Cette répartition modale est considérée relativement faible pour un quartier bien desservi par le transport en commun et situé dans le voisinage immédiat d'une station de métro. Le revenu moyen des personnes et des ménages de ce secteur se situe dans le quatrième quartile, au neuvième rang des secteurs les mieux nantis dans la GRM.

Tableau 5-6 : Revenu moyen des ménages de quelques secteurs de la GRM

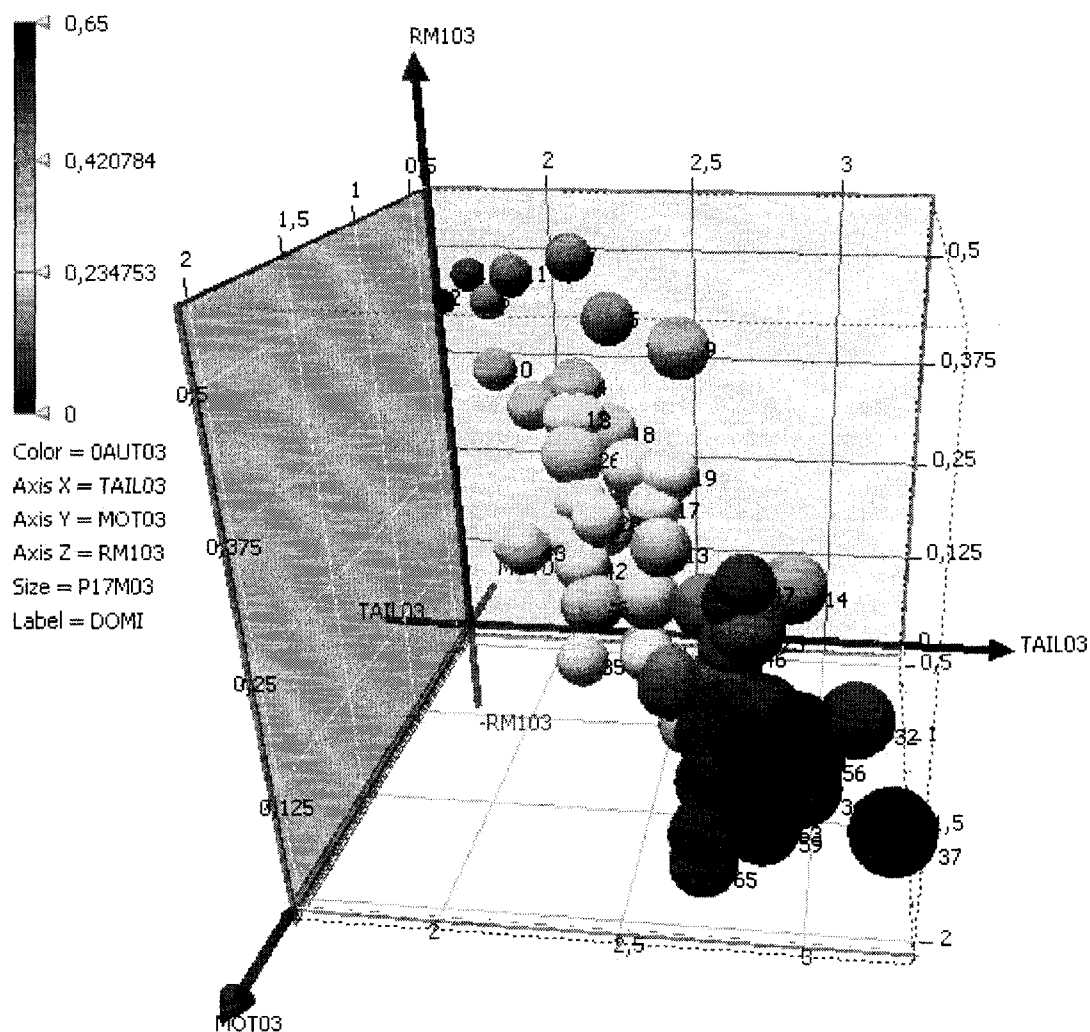
Secteur (numéro)	Revenu moyen des ménages 2001 (\$)	Quartile	Rang (/65)
Montréal: Villeray (7)	35 000	1 ^{er}	61 ^e
Montréal: Saint-Michel (9)	34 720	1 ^{er}	62 ^e
Montréal: Côte-des-Neiges (5)	45 510	1 ^{er}	50 ^e
Montréal: Rivière-des-Prairies (14)	54 230	2 ^e	37 ^e
Outremont (21)	99 060	4 ^e	9 ^e
GRM	54 390	-	-

Source : Recensement 2001

La représentation graphique suivante (Figure 5-10) montre les relations existant entre les déplacements effectués en transport collectif en fonction de certaines caractéristiques des ménages. Ces variables sont : la taille (X) et la motorisation (Y) moyenne des ménages dans les 65 secteurs, le pourcentage de ménages sans automobile (couleur des bulles) et la proportion d'enfants de 17 ans et moins (grosesse des bulles).

La visualisation en cinq dimensions permet d'apprécier l'influence de plusieurs éléments corrélés. Prises individuellement, ces variables ne servent qu'à l'explication d'une facette de l'utilisation des transports en commun. Toutefois, le regroupement sur un seul et unique graphique explique de façon globale la dynamique sociodémographique et son influence sur la mobilité.

En effet, selon les observations de l'enquête OD de 2003, on remarque une relation inversement proportionnelle entre l'utilisation des transports collectifs et la taille des ménages, de même qu'entre l'utilisation des transports collectifs et la proportion d'enfants de 17 ans et moins. On remarque également une relation inversement proportionnelle entre la répartition modale des transports en commun et la motorisation des ménages et, par le fait même, une relation proportionnelle de cette première variable avec la proportion de ménages non-motorisés.



X : Taille des ménages Min : 1.65 Max : 3.22 Y : Motorisation Min : 0.46 Max : 1.91 Z : RM (Dépl. TC/Dépl. motorisés) Min: 0.02 Max : 0.51 Couleur : % Mén. sans auto Min : 0.00 Max : 0.60 Grosueur : % Pers. 17 ans et - Min : 0.07 Max : 0.29	Nombre d'observations : 65 Secteurs (Valeur des Étiquettes) Déplacements des Résidents PPAM (2003)	Régressions Statistiques $y = 0.99x - 1.19$ $R^2 = 0.82$ $z = 0.06x^2 - 0.52x + 1.09$ $R^2 = 0.72$ $z = -0.24y + 0.50$ $R^2 = 0.80$
---	--	---

Figure 5-10 : Représentation graphique de la répartition modale des déplacements TC en fonction des caractéristiques des ménages

Source : Enquête OD 2003

5.5 Exploration de quelques modèles de régression multiple

L'objectif de cette section consiste à explorer les techniques statistiques de régressions multiples afin d'observer comment certains modèles peuvent valider les relations relevées précédemment. Quelques exemples de modèles de régression linéaire multiple sont testés entre la répartition modale et les variables généralement identifiées comme déterminantes dans l'explication de la part modale.

Tel qu'identifié précédemment, les variables utilisées sont celles-ci : la distance au CV, la taille des ménages, la motorisation, la densité (calculée pour 1000 personnes), l'âge et le revenu. De plus, l'ajout d'une variable *dummy_CUM*, variable binaire égale à 1 si le secteur est sur l'île de Montréal et 0 sinon, permet de poser l'hypothèse que la traversée d'un pont a une influence sur la répartition modale. De plus, l'ajout de la variable *dummy_metro*, variable binaire égale à 1 s'il y a présence d'une station de métro dans un secteur donné et 0 sinon, pose l'hypothèse que la présence d'une station de métro sur le territoire d'un secteur influence la répartition modale. La mesure de l'impact de chacune des variables du modèle est donnée par le tableau (Figure 5-7) des paramètres estimés.

Dans le modèle (a), tous les estimateurs sont significatifs à un taux de confiance de 95%. Les coefficients sont tous d'un signe concordant avec les hypothèses de départ, soit celles que la motorisation influence négativement la part des déplacements en transport collectif et que la densité, pour sa part, à un effet positif sur la répartition modale.

Le modèle (b) ajoute aux deux variables précédentes, la distance au CV, la taille des ménages, la proportion de 0-17 ans et le revenu moyen des ménages. De celles-ci, la distance au centre-ville et le revenu moyen ne sont pas statistiquement significatifs dans le modèle. La faible corrélation du revenu moyen avec la RM annonçait la faible influence de cette variable à expliquer la RM. Ces variables seront enlevées dans le modèle suivant (c) auquel seront ajoutées les deux variables *dummy*. Les mêmes variables utilisées avec les observations de l'enquête de 1982 montrent des résultats légèrement différents que ceux de 2003. Les variables *dummy_CUM* et *dummy_metro* ne sont respectivement pas

significatifs dans le modèle de 2003 et de 1982. La recherche de variables urbaines plus significatives pourrait s'avérer être une piste intéressante dans l'explication de la RM.

Par ailleurs, la comparaison avec un modèle (e) en 9 régions, reprenant les mêmes variables, montre que la taille des ménages et la densité de ménages ont perdu de leur influence dans l'agrégation des données.

L'observation de ces quelques modèles fait ressortir certaines limites et interrogations sur l'utilisation de ces régressions multiples.

D'une part, certaines variables socio-démographiques s'avèrent être fortement corrélées (voir Tableau 5-4) et leurs effets difficilement séparables. En effet, une certaine instabilité dans la significativité des variables et dans l'ampleur des coefficients estimés est présente dans les modèles montrés dans cette section. La difficulté du problème réside donc dans la construction d'un modèle explicatif qui nécessite la séparation de la contribution de chacun des facteurs. Pour ce faire, les variables doivent être indépendantes. Il faut donc trouver une formulation des facteurs conduisant à cette indépendance (Bonnel, 2004).

D'autre part, afin de raffiner les modèles explicatifs de la répartition modale, d'autres variables devraient peut-être être prises en considération. Une attention particulière est requise lors du choix des variables de tout modèle de transport et l'usage de modèles mathématiques préconçus ne pourrait remplacer la phase exploratoire d'une étude de la demande de transport.

Ces modèles ne sont qu'une exploration des possibilités de définir la répartition modale à l'aide d'une équation. Toutefois, cette étude ne se veut pas une recherche de l'équation qui résoudra la question de la répartition modale, mais plutôt une exploration des méthodes graphiques et de techniques statistiques classiques permettant une meilleure compréhension des relations complexes entre la répartition modale et différentes variables.

De plus, la prise en compte de variables dans un modèle doit s'effectuer avec le plus grand soin et de simples règles mécaniques ne peuvent remplacer la compréhension des phénomènes que l'on cherche à modéliser.

Tableau 5-7 : Modèles de régression multiple de la répartition modale des transports en commun

Modèle					R ²	F
		Coefficients	Valeur de t	Poids		
(a) 2003 65Secteurs	β	0.518	11.167	0.518	0.856	184.8
	MOT03	-0.249	-8.837	-0.294		
	DENSP03	0.009	2.508	0.009		
(b) 2003 65Secteurs	β	0.303	4.746	0.303	0.896	83.5
	DISTCV	-0.001	-1.027	-0.015		
	TAIL03	0.214	4.325	0.516		
	MOT03	-0.366	-6.661	-0.432		
	DENSP03	0.005	1.585	0.005		
	P17M03	-0.627	-2.348	-0.134		
	REVMEN01	-8.616E-08	-0.293	-0.005		
(c) 2003 65Secteurs	β	0.289	4.445	0.289	0.900	87.0
	TAIL03	0.198	3.731	0.477		
	MOT03	-0.356	-7.184	-0.420		
	P17M03	-0.579	-2.208	-0.123		
	DENSM03	0.009	1.529	0.004		
	dummy_CUM	0.010	0.726	0.006		
	dummy_metro	0.027	1.545	0.007		
(d) 1982 65Secteurs	β	0.159	1.249	0.159	0.858	58.5
	TAIL82	0.273	3.394	0.737		
	MOT82	-0.345	-5.261	-0.334		
	P17M82	-1.402	-3.175	-0.332		
	DENSM82	0.023	2.329	0.007		
	dummy_CUM	0.105	5.142	0.066		
	dummy_metro	0.036	1.316	0.009		
(e) 2003 9Régions	β	0.739	3.541	0.739	0.996	236.1
	TAIL03	-0.038	-0.372	-0.092		
	MOT03	-0.459	-9.025	-0.542		
	P17M03	0.838	2.158	0.178		
	DENSM03	0.014	-0.876	0.006		

Source : Enquêtes OD 1982, 2003 et Recensement 2001

Le Tableau 5-7 résume les résultats obtenus pour les différentes régressions et donne, pour chacune des variables, le coefficient, le niveau de significativité et le poids (valeur moyenne x coefficient). Le coefficient de détermination (R^2) et le

statistique F sont également indiqués pour chacune des régressions. La répartition modale moyenne en 2003 égale 0.232, celle de 1982 égale 0.344.

5.6 Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode mathématique d'analyse des données qui consiste à rechercher les directions de l'espace qui représentent le mieux les corrélations entre n variables aléatoires. Elle a pour but de comprendre et de visualiser comment les effets de phénomènes a priori isolés se combinent. Même si l'ACP est majoritairement utilisée pour visualiser des données, il ne faut pas oublier que c'est aussi un moyen de décorréler ces données. Dans la nouvelle base, constituée des nouveaux axes, les points ont une corrélation nulle et sont classifiés en amas (*clusters*) corrélés (Wikipedia, 2007a). Les limites de l'ACP viennent du fait que c'est une méthode de projection, et que la perte d'information induite par la projection peut entraîner des interprétations erronées. Le type d'ACP choisi dans cette analyse est celui de Pearson.

Les valeurs propres représentent la qualité de la projection lorsque l'on passe de N dimensions ($N=11$) à un nombre plus faible de dimensions. Dans le cas suivant, la première valeur propre vaut 7.688 et représente 69.9% de la variabilité. Les trois premières valeurs propres retiennent 87.2% de la variabilité totale (Figure 5-11).

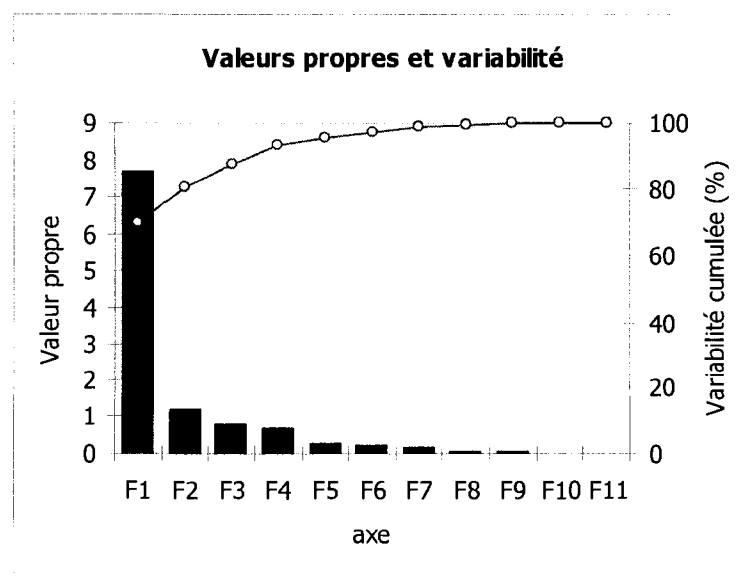


Figure 5-11 : Valeurs propres et variabilité cumulée (%) selon le facteur associé

Les chiffres correspondant à la figure précédente sont montrés dans ce tableau cumulatif des valeurs propres et de la variabilité associée (Tableau 5-8). A chaque valeur propre correspond un facteur et les facteurs ont la particularité de ne pas être corrélés entre eux.

Tableau 5-8 : Valeurs propres et variabilité cumulée (%) selon le facteur associé

	Valeur propre	Variabilité (%)	% cumulé
F1	7.688	69.895	69.9
F2	1.157	10.520	80.4
F3	0.750	6.822	87.2
F4	0.645	5.863	93.1
F5	0.254	2.308	95.4
F6	0.186	1.688	97.1
F7	0.168	1.527	98.6
F8	0.072	0.653	99.3
F9	0.054	0.493	99.8
F10	0.023	0.213	100.0
F11	0.002	0.018	100.0

Le Tableau 5-9 propose les valeurs des composantes principales pour les trois premiers axes qui suffisent pour représenter plus de 87% de l'inertie initiale (<http://www.xlstat.com>, 2007; Saporta, 1990).

Tableau 5-9 : Valeurs des composantes principales pour chacune des variables initiales

	F1	F2	F3
TAIL03	0.923	-0.138	-0.004
MOT03	0.981	0.079	0.000
P17M03	0.847	-0.029	-0.182
0AUT03	-0.967	-0.115	-0.052
2AUTP03	0.968	0.043	-0.030
RM103	-0.918	-0.233	-0.107
METTC03	-0.901	-0.226	-0.184
DENSP03	-0.837	-0.309	-0.205
REVMEN01	0.581	-0.565	0.099
TRA03	-0.468	0.764	-0.220
NMOB03	-0.611	0.112	0.754

La première composante principale mesure la répartition entre les variables 0AUT03, RM103, METTC03, DENSP03 et les variables suivantes TAIL03, P17M03, 2AUTP03, MOT03.

La deuxième composante principale mesure la répartition entre les déplacements motif travail (TRA03) et le revenu des ménages (REVMEN01). L'opposition entre individus le long de l'axe 2 reflète l'opposition entre ces deux variables.

La troisième composante pour sa part est liée essentiellement à la variable des NON-MOBILES (NMOB03).

Par exemple, si nous trions de manière décroissante sur les contributions des individus au premier axe, nous constatons que le facteur est en grande partie déterminé par l'opposition MOT03 + 2AUTP03 + TAIL03 et 0AUT03 + RM103 (Saporta, 1990).

Tableau 5-10 : Tri décroissant sur les contributions des variables du premier axe et les composantes principales associées

	Contributions des variables (%)	Composantes principales
MOT03	12.525	0.981
2AUTP03	12.186	0.968
0AUT03	12.164	-0.967
TAIL03	11.092	0.923
RM103	10.952	-0.918
METTC03	10.548	-0.901
P17M03	9.336	0.847
DENSP03	9.110	-0.837
NMOB03	4.852	-0.611
REVMEN01	4.386	0.581
TRA03	2.850	-0.468

Les graphiques suivants (Figure 5-12) montrent les cercles des corrélations qui correspondent à une projection des variables initiales sur un plan à deux dimensions constitué par les deux premiers facteurs (F1 et F2) et par le premier et le troisième facteur (F1 et F3).

On remarque sur le premier graphique la forte corrélation positive entre la proportion d'enfants de moins de 17 ans et le nombre de ménages possédant plus de 2 voitures. Par ailleurs, la répartition modale des déplacements en transport en commun (dépl.TC/dépl.motorisés) est positivement corrélée avec la densité de population et négativement avec la motorisation. Quant au revenu moyen des ménages aucune interprétation ne peut s'effectuer à l'aide de ses graphiques puisque cette variable est située relativement proche du centre du graphique. En

se rapportant à la matrice de corrélation, aucune conclusion ne peut s'établir quant à l'influence du revenu sur la structure familiale ou sur l'utilisation des transports collectifs.

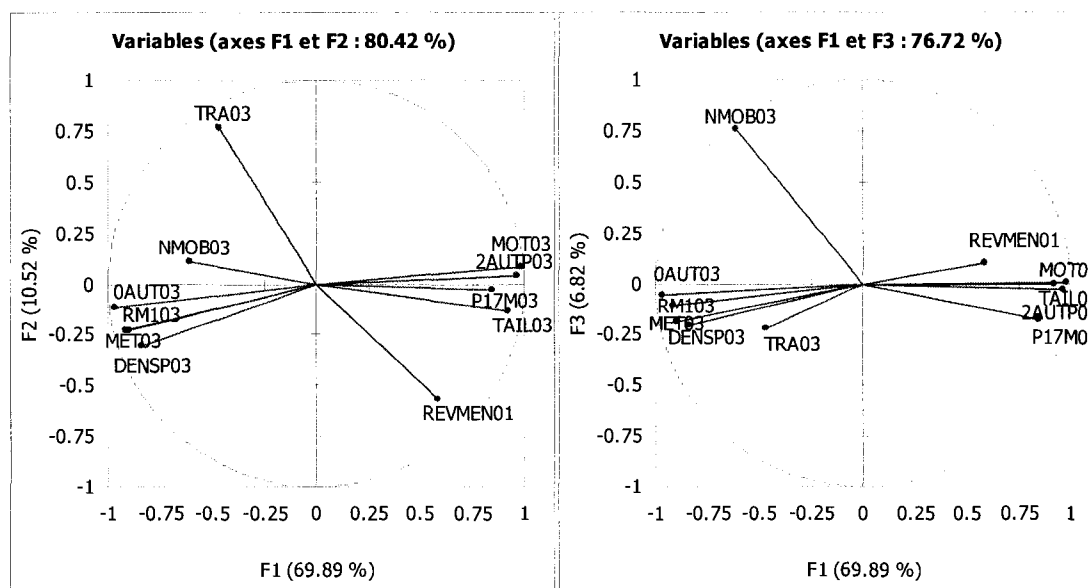


Figure 5-12 : Cercles des corrélations représentant les facteurs en deux dimensions

La figure ci-dessous (Figure 5-13) correspond à l'un des objectifs de l'ACP qui permet de représenter les individus sur une carte à deux dimensions et d'identifier certaines tendances. Sur la base des variables socio-démographiques utilisées, certains regroupements peuvent être effectués visuellement. Aucun secteur ne semble se dissocier particulièrement des autres.

Le premier axe met en évidence l'opposition entre les secteurs du centre-ville (secteurs 1 et 2), et les secteurs de la banlieue éloignée (secteur 58 représentant Ste-Thérèse-de-Blainville). Cela confirme en effet les hypothèses soulevées précédemment sur l'influence des variables de taille et de motorisation des ménages de même que sur l'utilisation des transports collectifs.

Le deuxième axe quand à lui, souligne l'opposition entre les secteurs « riches » du centre de l'île de Montréal (Mont-Royal, Hampstead) avec les secteurs de la banlieue rapprochée tel que Chomedey.

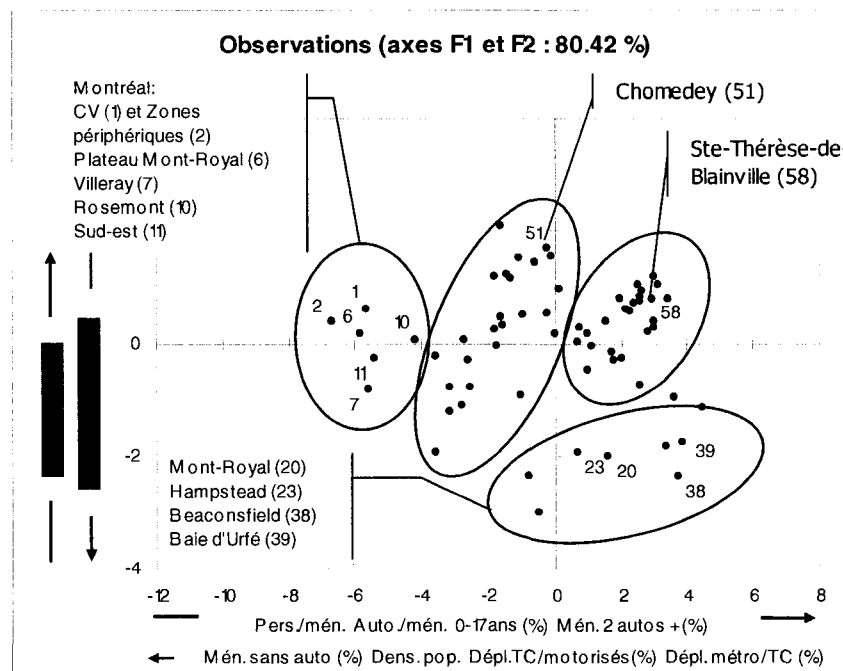


Figure 5-13 : Représentation des observations sur une carte à deux dimensions

L'analyse en composante principale permet donc la visualisation rapide des corrélations et des regroupements de variables sur un graphique en deux dimensions non-corrélées.

CHAPITRE 6. DISCUSSION & CONCLUSION

La problématique de ce mémoire consistait à établir un traitement systématique des données agrégées des cinq dernières enquêtes OD afin de relever, caractériser et mesurer les tendances lourdes, explicatives des comportements actuels de mobilité. Les traitements présentés ont permis l'analyse de la répartition modale afin de mieux comprendre, d'éclaircir et de clarifier les enjeux liés à cette variable centrale dans le monde de la planification des transports urbains.

L'étude de l'évolution des données d'enquêtes des 20 dernières années selon une approche agrégée à divers niveaux a nécessité la création d'un outil interactif de visualisation des données d'enquête, MOBSPAT. Cet outil interactif constitue une méthode de visualisation des données complémentaire aux outils de visualisation 3D ou aux systèmes d'information géographique (SIG). Il permet de bonifier la représentation des SIG, au niveau de la schématisation, par une visualisation spatiale simultanée de plusieurs variables, trois en l'occurrence, provenant des enquêtes OD ou des recensements.

C'est à l'aide de cet outil informatique, de méthodes graphiques et de techniques statistiques que cette analyse approfondie des tendances spatio-temporelles des cinq dernières enquêtes, sur la période de 1982 à 2003, a pu s'accomplir.

6.1 Éléments de discussion

Plusieurs questionnements émergent suite aux réflexions suscitées durant la réalisation de cet ouvrage et celles-ci ouvrent la voix à certaines perspectives de recherche éventuelles.

D'une part, cette recherche ne fait qu'un survol des différentes méthodes et techniques pouvant être utilisées afin d'étudier la question de la répartition des modes de transport par une approche agrégée. L'approfondissement des analyses sur les différents graphiques et modèles serait nécessaire à une meilleure compréhension des enjeux liés à cette question fondamentale.

Le traitement informationnel interactif des données permettant une visualisation de ces données demeure un élément clé dans l'analyse et la synthèse des bases de données provenant des enquêtes, des recensements ou d'autres bases de

données pertinentes. Des logiciels tels que MOBSPAT et MADEOD permettent d'entreprendre la dissection des données pour en isoler les différents éléments.

D'autre part, le traitement agrégé de la demande permet de dégager de grandes tendances spatio-temporelles dans la région métropolitaine et d'en extraire les relations globales existant entre les variables constituées des caractéristiques moyennes des individus des zones. Bien que ces grandes tendances agrégées permettent une bonne compréhension de l'évolution spatio-temporelle des caractéristiques en matière de répartition modale, il n'en demeure pas moins que le traitement totalement désagrégé des enquêtes permet une analyse individuelle des caractéristiques du choix modal.

En dernier lieu, la logique des chaînes d'activités constitue à elle seule un champ d'étude spécifique. Comme certaines recherches démontrent que le choix du mode de transport s'effectue à partir du domicile (home-based), et non pas nécessairement à l'origine du déplacement. La caractérisation et l'analyse des patrons d'activités deviennent une avenue intéressante dans l'étude de la composante modale de la planification des transports. De plus, la caractérisation d'une personne à l'aide des caractéristiques du ménage auquel elle appartient et non pas comme un individu isolé permet également d'envisager la mobilité non plus uniquement tel un déplacement unitaire et individuel, mais comme le déplacement d'un individu dans son contexte familial et professionnel.

6.2 Conclusion

Les lectures et les réflexions entreprises dans ce mémoire ont permis de conceptualiser le rôle des modèles dans le processus de planification des transports urbains, de cibler et schématiser certaines approches de modélisation de la répartition modale et des variables l'influençant.

Tout d'abord, les outils interactifs de traitement des données ont facilité l'examen des données agrégées. L'application MOBSPAT a favorisé l'élément de visualisation spatiale des données d'enquêtes en permettant l'observation simultanée d'un trio de variables sur un territoire schématisé de la région urbaine. Cela constitue un apport aux logiciels de systèmes d'information géographique où la visualisation spatiale des phénomènes n'est pas disponible avec trois dimensions.

Les expérimentations ont contribué à illustrer les grandes tendances des vingt dernières années dans la grande région montréalaise. L'étalement urbain, le vieillissement de la population entraînant inévitablement une modification de la structure familiale ont largement influencé les hausses de la motorisation individuelle et par le fait même une baisse de l'utilisation des transports collectifs.

Par le biais d'analyse de corrélations, de régressions, et de statistiques descriptives, ces expérimentations ont participé à la compréhension des enjeux que représente la répartition modale dans le contexte urbain, social et économique.

La question de la répartition modale a été profondément explorée depuis les débuts de la planification des transports et il n'en demeure pas moins qu'elle suscite encore de nombreuses interrogations et questionnements sur la façon de la prédire. Bien qu'il existe une grande tradition de modèle de demande de transport, les enjeux concernant l'adéquation (la justesse) de ces modèles sont présents et représentent de véritables défis et une entreprise difficile pour les planificateurs de transport qui doivent produire une analyse pertinente, valide et pratique afin de clarifier les questions et d'intervenir adéquatement dans la collectivité.

RÉFÉRENCES

- AMT (2003a), *Enquête Origine-Destination 2003, La mobilité des personnes dans la région de Montréal*: Secrétariat aux enquêtes Origine-Destination métropolitaine, 176 p.
- AMT (2003b), *Portrait des transports collectifs dans la région métropolitaine de Montréal*: Agence Métropolitaine des Transports, 76 p.
- AMT (2007), *Agence métropolitaine de transport*, Consulté le 28 juillet 2007, tiré de <http://www.amt.qc.ca>
- Balcombe, R., Paulley, P., Mackett, R., Preston, J., Wardman, M., Shire, J., et al. (2004), *The demand for public transport: a practical guide*: TRL Report 593, 246 p.
- Bonnel, P. (2000). *Une mesure dynamique des relations entre transports collectifs, étalement urbain et motorisation. Le cas de Lyon, 1976-1995*, Les Cahiers Scientifiques du Transport No 38, pp. 19-44.
- Bonnel, P. (2004). *Prévoir la demande de transport*, Paris: Presse de l'école nationale des Ponts et chaussées, 425 p.
- Bourgeois, M., Chapleau, R. et Morency, C. (2007). *Modèle explicatif de la répartition modale dans la grande région de Montréal*, 75e congrès de l'Association francophone pour le savoir (ACFAS), Trois-Rivières.
- Chapleau, R. (1992a). *La modélisation de la demande de transport urbain avec une approche totalement désagrégée*, Selected Proceedings of The World Conference on Transportation Research, WCTR Society, Lyon, Vol. II, pp. 937-948.
- Chapleau, R. (1992b). *Profil socio-économico-démographique du métro de Montréal: anatomie de la ville dans le voisinage du métro*, 27e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Sherbrooke, pp. 304-325

- Chapleau, R. (1995). *Symphonie d'usages des grandes enquêtes Origine-Destination, en totalement désagréé majeur*, opus Montréal 87 et 93, XIIIe Entretiens du Centre Jacques Cartier, Lyon.
- Chapleau, R. (1998). *Free-wheeling urban mobility: a question of densities, motorization, employment and transit decline*, World Conference on Transportation Research, Anvers, Belgique.
- Chapleau, R. (1999). *Planification des systèmes de transports urbains, Notes de cours 1.406*, Montréal: Presses Internationales de Polytechnique, 50 p.
- Chapleau, R. (2003). *Mobilité urbaine et spatiodémographie : une relation fine à explorer*, XVIèmes Entretiens du Centre Jacques Cartier, Lyon.
- Chapleau, R. et Allard, B. (1992). *L'ère des systèmes d'information fondés sur une analyse désagrégée pour la prise de décision en transport urbain*, Congrès annuel de l'Association des Transports du Canada, Québec, Vol. 3, pp. B3-B23.
- Chapleau, R. et Allard, B. (1993). *Mobilité comparée des ménages urbains, périurbains et suburbains*, 28e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Sainte-Adèle.
- Chapleau, R., Allard, B., Trépanier, M. et Morency, C. (2001). *Les logiciels d'enquête transport comme instruments incontournables de la planification analytique*, Recherche, Transport, Sécurité, Janvier-Mars 2001, No 70, pp. 59-77.
- Chapleau, R. et Girard, D. (1985). *Tendances sommaire de l'évolution de la mobilité des personnes de la région de Montréal*, 20e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Trois-Rivières.
- Chapleau, R. et Lavigueur, P. (1991). *Transport en commun et Tendances Socio-Démographiques: Situation Québécoise*, 26e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Québec, pp. 197-217.
- Chapleau, R. et Morency, C. (2000). *Relation floues entre réseaux de transport et étalement urbain*, 35e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Québec.

- Chapleau, R. et Morency, C. (2002). *Pour une confusion interrompue à propos des déplacements urbains*, 37e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Québec.
- Chapleau, R. et Morency, C. (2004). *Obésité et autres vanités urbaines : incidences de la spatio-démographie sur la mobilité*, 39e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Québec.
- Chapleau, R. et Morency, C. (2005). *Le transport urbain équitable : cas de la Grande Région de Montréal*, 40e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Laval.
- Currie, G. et Phung, J. (2007). *Transit ridership, Auto Gas Prices and World Events - New Drivers of Change?*, Transportation Research Board.
- Frank, L. D. et Pivo, G. (1995). *Impacts of Mixed Use and Density on the Utilization of Three Modes of Travel: Single-Occupant Vehicle, Transit, and Walking*, Transportation Research Record 1466, pp. 44-52.
- Goodwin, P. B. (1993). *Car ownership and public transport use: revisiting the interaction*, Transportation, Vol. 20, No 1, pp. 21-33.
- GouvernementduQuébec (2007), *Indicateurs sociodémographiques* Consulté le 17 juillet 2007, tiré de http://www.msss.gouv.qc.ca/statistiques/atlas/atlas/source.php?id_serie=2#Indice_Vieillesse
- Guitton, H. (1964). *Statistiques et économétrie*, Dalloz, Paris.
- Handy, S. (1992). *Three Perspectives on the Function of Transportation Models: Rational, Political, or Interactive?*, 71e Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C., Paper no. 920730, pp.
- Hollingworth, B., Irwin, N., Mishra, A. et Gilbert, R. (2005), *Troisième enquête sur les indicateurs de transport urbain*: Association des transports du Canada, 125 p.
- <http://www.xlstat.com> (2007), *Comment faire une Analyse en Composantes Principales (ACP) avec XLSTAT ?*, Consulté le 22 juin 2007, tiré de <http://www.xlstat.com/fr/support/tutorials/pca.htm>

- INRETS. (1987). *Les grands projets de transports: langages de l'évaluation, discours de la décision* SYNTHÈSE INRETS 10.
- Jarrosso, B. (1997). *le Savoir, le Pouvoir et la Formation*, Paris: Éditions Maxima, 207 p.
- Joly, I., Masson, S. et Petiot, R. (2003), *La part modale des transports en commun dans les villes du monde, Une analyse de la base UITP sur les systèmes de transports urbains de 100 villes du monde*: Commissariat général du Plan sur les transports urbains, 97 p.
- Legay, J.-M. (1990). De la complexité des objets à la méthode des modèles - synthèse des travaux du colloque, *La modélisation, confluent des sciences*, Brissaud M, Forsé M, Zighed A (éd.), Editions du CNRS, Lyon, pp. 235-239.
- MADITUC (2002), *Instrumentation des systèmes d'information transport de l'AMT aux fins de soutien aux activités de planification, de financement, d'exploitation et d'information à la clientèle du réseau de transport en commun métropolitain*. Montréal: École Polytechnique de Montréal.
- MADITUC (2007), *Site Internet de la section transport du département de génie civil de l'École Polytechnique de Montréal et du Groupe MADITUC*, Consulté le 27 juin 2007, tiré de www.transport.polymtl.ca
- Manheim, M. L. (1976). *Transportation systems analysis: a personal view*, Transportation Research, Vol. 10, pp. 371-375.
- Masson, S. (1998). *Interactions entre système de transport et système de localisation: de l'héritage des modèles traditionnels à l'apport des modèles interactifs de transport et d'occupation des sols*, Les Cahiers Scientifiques du Transport, No 33, pp. 79-108.
- Meyer, M. D. et Miller, E. J. (1984). *Urban Transportation Planning: a decision-oriented approach*, New York: McGraw-Hill, 524 p.
- Miller, E. J. (2001). *The Greater Toronto Area Travel Demand Modelling System, Version 2.0, Volume I: Model Overview*.
- Miller, E. J. et Shalaby, A. (2003). *Evolution of Personal Travel in Toronto Area and Policy Implications*, Journal of Urban Planning and Development.

- Morency, C. (1997). *Étude des fonctionnalités de l'approche totalement désagrégée appliquée à la planification d'un système de transport collectif*, Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal, Génie civil, section Transports, Montréal, 165 p.
- Morency, C. (2004). *Contribution à la modélisation totalement désagrégée des interactions entre mobilité urbaine et dynamiques spatiales*, Thèse de doctorat, École Polytechnique, Département de génie civil, Montréal, 538 p.
- Morency, C. (2006). *Système de transport, Notes de cours CIV2710* (Vol. 4e édition), Montréal: Presses Internationales de Polytechnique, 224 p.
- Morency, C. et Chapleau, R. (2003). *Mesure de diverses expressions de l'étalement urbain à l'aide de données fusionnées d'enquête transport et de recensement : étude multi-perspective du Grand Montréal*, Les Cahiers scientifiques du transport, Lyon, No 43, pp. 3-34.
- Morency, C. et Chapleau, R. (2005). *Portrait systémique, objectif et évolutif du covoiturage dans la Grande Région de Montréal*, 40e congrès de l'association québécoise du transport et des routes, Laval.
- Morency, C. et Chapleau, R. (2007). *Mobilité changeante des personnes âgées dans une région urbaine : 15 ans d'observation à Montréal*, 11e Conférence internationale sur la mobilité et le transport des personnes âgées ou à mobilité réduite, Montréal.
- MTQ (2007), *Modèle transfert modal*, Consulté le 13 juin 2007, tiré de http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/recherche_innovation/modelisation_systemes_transport/modele_transfert_modal
- Noel, M. et Chapleau, R. (1987). *Modification d'un Réseau de Transport Collectif et Répartition Modale*, 22e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Hull, pp. 231-235.
- PerspectiveEdge.com (2007), *QuikGrid Version 5.3*, Consulté le 30 octobre 2007, tiré de <http://www.perspectiveedge.com/>
- Potter, S., Enoch, M. et Smith, M. (1997). *Vital travel statistics*, Landor Publishing.

- Saporta, G. (1990). *Probabilités, analyse des données et statistique*, Paris: Éditions Technip, 493 p.
- Spillar, R. J. et Rutherford, G. S. (1990). *The Effects of Population Density and Income on Per Capita Transit Ridership in Western American Cities*, ITE 1990 Compendium of Technical Papers, Institute of Transportation Engineers, pp. 327-331.
- StatistiquesCanada (2007a), *Indicateurs sociodémographiques - indice de remplacement* Consulté le 17 juillet 2007, tiré de http://www.stat.gouv.qc.ca/donstat/societe/demographie/persp_poplt/pers2001-2051/indic_age_a_qc_ra_rmrpartie2.htm
- StatistiquesCanada (2007b), *Recensement de 2006 : âge et sexe*, Consulté le 17 juillet 2007, tiré de <http://www.statcan.ca/Daily/Francais/070717/q070717a.htm>
- Tremblay, P. (2002), *Survol des outils de modélisation des transports urbains utilisés au Ministère des Transports du Québec*: Ministère des Transports du Québec, 34 p.
- UNFPA (2007), *État de la population mondiale 2007: libérer le potentiel de la croissance urbaine*: Fonds des Nations Unies pour la population, 108 p.
- Wikipedia (2007a), *Analyse en composantes principales*, Consulté le 27 juin 2007, tiré de http://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_en_composantes_principales
- Wikipedia (2007b), *Démographie*, Consulté le 17 juillet 2007, tiré de <http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9mographie>
- Wikipedia (2007c), *Mode choice*, Consulté le 14 juillet 2006, tiré de http://en.wikipedia.org/wiki/Mode_choice
- Wikipedia (2007d), *Transportation forecasting*, Consulté le 22 août 2006, tiré de http://en.wikipedia.org/wiki/Transportation_forecasting

ANNEXE 1 : GRANDE RÉGION DE MONTRÉAL AGRÉGÉE EN 65 SECTEURS

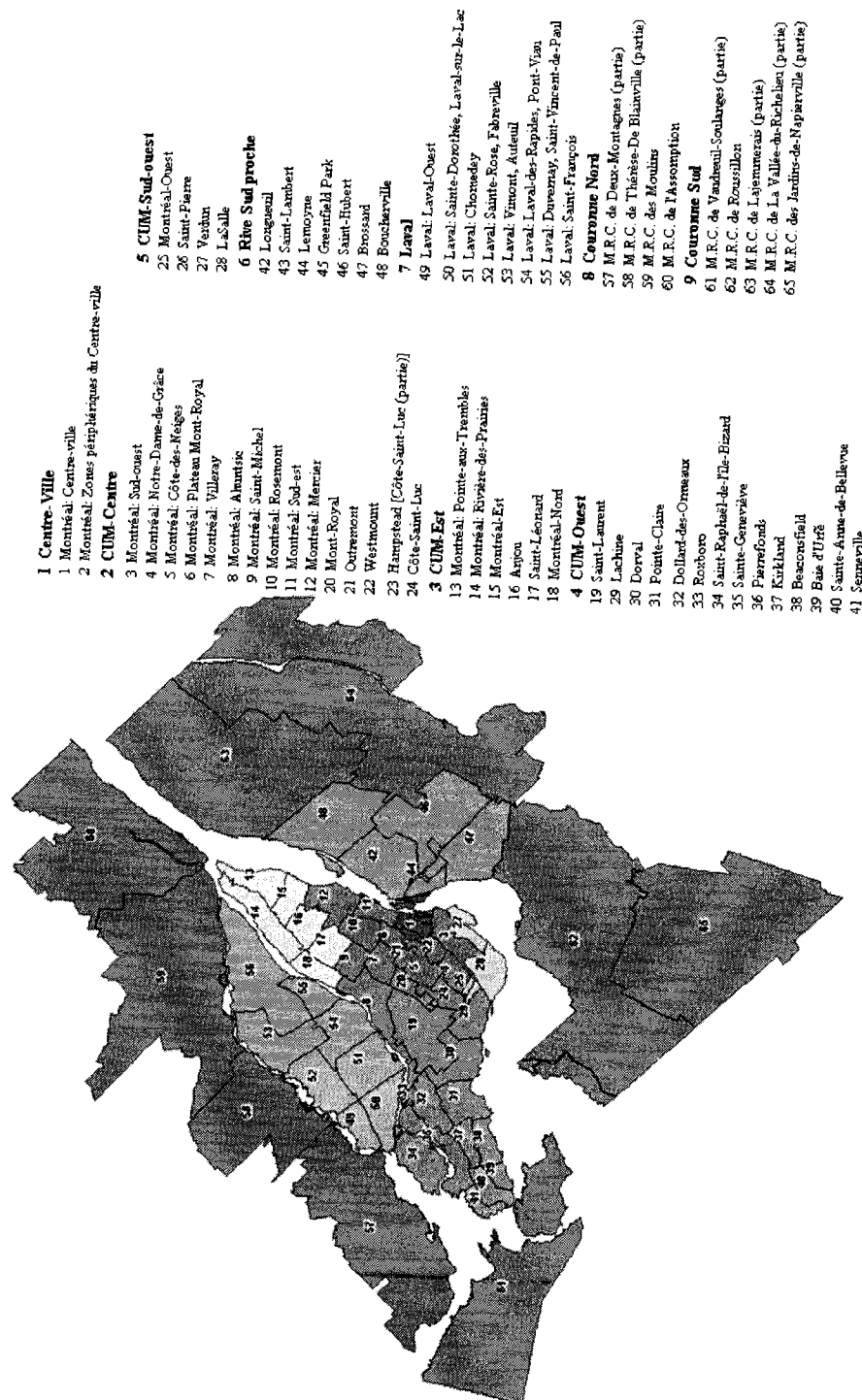


Figure A1-1 : Représentation des 65 Secteurs de la GRM et de l'agrégation en 9 Régions
 Source : Enquêtes OD

**ANNEXE 2 : TABLEAUX COMPARATIFS DES
CARACTÉRISTIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES ET
DÉMOGRAPHIQUES DES RÉGIONS ET DU MÉTRO DE LA GRM**

Tableau A2-1 : Caractéristiques socio-économiques et démographiques des
grandes régions de la GRM

	GRM		Ville de Montréal	CUM sans Montréal	Hors CUM
Population totale (base %)	3 210 250		1 031 990	776 910	1 401 350
Distribution selon l'âge					
0-4 ans	175 190 5%		51 920 5%	43 610 6%	79 660 6%
5-9 ans	204 970 6%		52 100 5%	48 620 6%	104 260 7%
10-14 ans	195 410 6%		47 720 5%	46 270 6%	101 420 7%
15-19 ans	191 970 6%		52 510 5%	46 050 6%	93 410 7%
20-24 ans	227 100 7%		90 310 9%	49 680 6%	87 120 6%
25-35 ans	453 070 14%		179 230 17%	99 400 13%	174 450 12%
35-44 ans	555 260 17%		170 720 17%	123 900 16%	260 640 19%
45-54 ans	470 360 15%		141 230 14%	112 370 14%	216 770 15%
55-64 ans	319 540 10%		94 440 9%	83 050 11%	142 050 10%
65-74 ans	262 300 8%		93 250 9%	75 370 10%	93 680 7%
75 ans et plus	180 710 6%		70 830 7%	56 400 7%	53 490 4%
Ratio homme/femme					
Hommes	1 550 880 48%		498 150 48%	367 080 47%	685 660 49%
Femmes	1 659 260 52%		533 840 52%	409 800 53%	715 630 51%
État matrimonial (15 ans et plus - base %)					
Célibataire	1 077 880 41%		423 360 47%	224 210 35%	430 310 38%
Marié	1 057 280 40%		281 520 32%	290 590 45%	485 180 43%
Séparé/Divorcé	329 910 12%		113 710 13%	75 230 12%	140 980 13%
Veuf	169 580 6%		61 670 7%	48 420 7%	59 490 5%
Langue					
Anglais	399 920 12%		105 680 10%	194 600 25%	99 650 7%
Français	2 080 690 65%		590 170 57%	337 790 43%	1 152 730 82%
Autre	618 170 19%		289 250 28%	211 240 27%	117 690 8%
Langues officielles	3 119 860 97%		985 840 96%	752 400 97%	1 381 630 99%
Aucune langue officielle	49 380 2%		27 070 3%	14 820 2%	7 490 1%
Scolarité (20 ans et plus - base %)					
Primaire, Secondaire, Spécialisé	1 908 670 77%		590 900 70%	437 870 73%	879 900 86%
Niveau inférieur à la 9e année	326 040 13%		127 790 15%	77 510 13%	120 750 12%
De la 9e à la 13e année	675 010 27%		199 870 24%	155 470 26%	319 680 31%
Sans certificat d'études secondaires	296 940 12%		91 690 11%	71 330 12%	133 920 13%
Avec certificat d'études secondaires	377 970 15%		108 070 13%	84 140 14%	185 760 18%
SPEC	232 720 9%		63 490 8%	49 430 8%	119 800 12%
Études collégiales	536 560 22%		171 440 20%	124 810 21%	240 320 23%
Sans certificat ou diplôme	155 450 6%		48 790 6%	37 680 6%	68 980 7%
Avec certificat ou diplôme	380 950 15%		122 510 15%	87 090 15%	171 350 17%
Études universitaires	631 350 26%		246 350 29%	175 370 29%	209 630 20%
Sans grade	158 500 6%		57 250 7%	42 750 7%	58 500 6%
Sans certificat ou diplôme	58 400 2%		22 830 3%	18 600 3%	16 970 2%
Avec certificat ou diplôme	100 200 4%		34 440 4%	24 250 4%	41 520 4%
Avec baccalauréat ou diplôme supérieur	472 920 19%		189 130 23%	132 590 22%	151 200 15%

	GRM	Ville de Montréal	CUM sans Montréal	Hors CUM
Activité des personnes (15 ans et plus - base %)				
Population active (base %)	1 701 080 64%	544 270 61%	391 500 61%	765 320 68%
Occupée	1 572 340 92%	488 180 90%	361 080 92%	723 080 94%
En chômage	128 710 8%	56 050 10%	30 380 8%	42 280 6%
Inactive	891 630 34%	316 550 35%	236 950 37%	338 140 30%
Hommes actifs (base %)	898 800 71%	288 470 69%	204 370 69%	405 960 75%
Occupés	828 130 92%	256 180 89%	188 390 92%	383 560 94%
En chômage	70 700 8%	32 340 11%	15 960 8%	22 400 6%
Inactifs	343 630 27%	124 910 30%	88 760 30%	129 960 24%
Femmes actives (base %)	802 410 58%	255 820 56%	187 130 55%	359 470 62%
Occupées	744 230 93%	232 000 91%	172 710 92%	339 520 94%
En chômage	58 160 7%	23 730 9%	14 450 8%	19 990 6%
Inactives	548 020 40%	191 610 42%	148 240 43%	208 170 36%
Revenus (15 ans et plus - base %)				
Sans revenu	2 454 460 92%	816 820 92%	595 160 92%	1 042 480 93%
Avec revenu	138 370 5%	44 070 5%	33 330 5%	60 980 5%
Moins de 5 000\$	183 200 7%	60 620 7%	45 030 7%	77 560 7%
5 000\$ à 9 000\$	283 150 11%	111 470 12%	65 390 10%	106 300 9%
10 000\$ à 19 000\$	559 640 21%	217 030 24%	135 980 21%	206 640 18%
20 000\$ à 29 000\$	405 660 15%	136 850 15%	97 540 15%	171 280 15%
30 000\$ à 39 000\$	325 980 12%	99 380 11%	73 200 11%	153 410 14%
40 000\$ à 49 000\$	211 910 8%	58 900 7%	47 890 7%	105 130 9%
50 000\$ à 59 000\$	137 470 5%	35 530 4%	30 610 5%	71 330 6%
60 000\$ et plus	240 820 9%	56 610 6%	71 640 11%	112 570 10%
Ménages privés (base %) 1 331 530				
Selon la taille des ménages				
1 personne	414 960 31%	205 530 42%	97 000 31%	112 440 21%
2 personnes	420 460 32%	149 290 31%	99 700 31%	171 480 33%
3 personnes	214 870 16%	63 980 13%	50 350 16%	100 540 19%
4-5 personnes	254 070 19%	59 620 12%	62 810 20%	131 650 25%
6 personnes et plus	27 050 2%	8 330 2%	7 640 2%	11 080 2%
Selon le type de ménage				
Unifamilial	846 400 64%	243 490 50%	206 870 65%	396 050 75%
Multifamilial	13 450 1%	4 210 1%	3 490 1%	5 750 1%
Non-familial	471 770 35%	239 290 49%	107 000 34%	125 490 24%
Logements privés occupés (base %) 1 331 550				
Selon le type de logement				
Possédé	657 160 49%	138 820 29%	149 190 47%	369 160 70%
Loué	674 360 51%	348 030 71%	168 290 53%	158 050 30%
Selon la période de construction				
Avant 1946	185 360 14%	126 130 26%	38 050 12%	21 180 4%
1946-1960	279 710 21%	143 530 29%	72 830 23%	63 350 12%
1961-1970	274 310 21%	90 700 19%	88 710 28%	94 900 18%
1971-1980	240 380 18%	49 130 10%	59 210 19%	132 050 25%
1981-1990	223 730 17%	55 900 11%	39 860 13%	127 980 24%
1991-2001	128 060 10%	21 370 4%	18 840 6%	87 850 17%

Source : Recensement 2001

Tableau A2-2 : Caractéristiques socio-économiques et démographiques du métro de Montréal

	GRM	Voisinage immédiat		Voisinage de 1km	
		0 (extérieur)	1 (intérieur)	0 (extérieur)	1 (intérieur)
Population totale (base %)	3 210 250	2 297 170	1 125 350	1 964 470	1 458 060
Distribution selon l'âge					
0-4 ans	175 190 5%	129 040 6%	58 320 5%	113 390 6%	73 970 5%
5-9 ans	204 970 6%	162 500 7%	58 190 5%	145 300 7%	75 380 5%
10-14 ans	195 410 6%	157 550 7%	52 810 5%	141 370 7%	69 000 5%
15-19 ans	191 970 6%	147 210 6%	57 910 5%	130 170 7%	74 950 5%
20-24 ans	227 100 7%	141 820 6%	97 390 9%	118 720 6%	120 490 8%
25-35 ans	453 070 14%	288 190 13%	192 400 17%	242 270 12%	238 320 16%
35-44 ans	555 260 17%	411 210 18%	183 610 16%	358 680 18%	236 140 16%
45-54 ans	470 360 15%	346 850 15%	154 790 14%	297 860 15%	203 780 14%
55-64 ans	319 540 10%	234 830 10%	106 010 9%	197 230 10%	143 600 10%
65-74 ans	262 300 8%	177 890 8%	100 020 9%	140 720 7%	137 190 9%
75 ans et plus	180 710 6%	114 400 5%	76 290 7%	88 430 5%	102 260 7%
Ratio homme/femme					
Hommes	1 550 880 48%	1 112 210 48%	543 100 48%	957 360 49%	697 950 48%
Femmes	1 659 260 52%	1 184 860 52%	582 240 52%	1 007 070 51%	760 030 52%
État matrimonial (15 ans et plus - base %)					
Célibataire	1 077 880 41%	696 170 37%	450 320 47%	580 240 37%	566 250 45%
Marié	1 057 280 40%	807 030 43%	316 360 33%	701 320 45%	422 070 34%
Séparé/Divorcé	329 910 12%	229 940 12%	123 850 13%	191 430 12%	162 360 13%
Veuf	169 580 6%	114 900 6%	65 580 7%	91 460 6%	89 020 7%
Langue					
Anglais	399 920 12%	275 280 12%	132 490 12%	228 780 12%	178 990 12%
Français	2 080 690 65%	1 637 840 71%	636 080 57%	1 423 200 72%	850 720 58%
Autre	618 170 19%	315 400 14%	308 320 27%	255 640 13%	368 080 25%
Langues officielles	3 119 860 97%	2 249 800 98%	1 078 370 96%	1 925 300 98%	1 402 860 96%
Aucune langue officielle	49 380 2%	20 460 1%	29 270 3%	16 450 1%	33 280 2%
Scolarité (20 ans et plus - base %)					
Primaire, Secondaire, Spécialisé	1 908 670 77%	1 431 540 83%	627 460 69%	1 223 030 85%	835 970 71%
Niveau inférieur à la 9e année	326 040 13%	220 750 13%	128 730 14%	183 070 13%	166 410 14%
De la 9e à la 13e année	675 010 27%	512 720 30%	215 860 24%	439 360 30%	289 210 24%
Sans certificat d'études secondaires	296 940 12%	219 420 13%	101 800 11%	187 110 13%	134 110 11%
Avec certificat d'études secondaires	377 970 15%	293 240 17%	114 000 13%	252 230 17%	155 010 13%
SPEC	232 720 9%	185 410 11%	67 080 7%	161 260 11%	91 230 8%
Études collégiales	536 560 22%	386 420 23%	183 950 20%	329 590 23%	240 790 20%
Sans certificat ou diplôme	155 450 6%	112 550 7%	53 100 6%	95 340 7%	70 310 6%
Avec certificat ou diplôme	380 950 15%	273 820 16%	130 770 14%	234 210 16%	170 370 14%
Études universitaires	631 350 26%	368 860 22%	284 620 31%	298 370 21%	355 110 30%
Sans grade	158 500 6%	101 450 6%	63 800 7%	83 530 6%	81 720 7%
Sans certificat ou diplôme	58 400 2%	34 410 2%	25 730 3%	28 320 2%	31 820 3%
Avec certificat ou diplôme	100 200 4%	67 100 4%	38 120 4%	55 290 4%	49 930 4%
Avec baccalauréat ou diplôme supérieur	472 920 19%	267 380 16%	220 900 24%	214 830 15%	273 450 23%

	GRM	Voisinage immédiat		Voisinage de 1km	
		0 (extérieur)	1 (intérieur)	0 (extérieur)	1 (intérieur)
Activité des personnes (15 ans et plus - base %)					
Population active (base %)	1 701 080 64%	1 220 770 66%	591 910 61%	1 046 340 66%	766 340 61%
Occupée	1 572 340 92%	1 144 970 94%	532 410 90%	983 380 94%	693 990 91%
En chômage	128 710 8%	75 820 6%	59 490 10%	62 970 6%	72 340 9%
Inactive	891 630 34%	600 040 32%	345 830 36%	495 120 31%	450 750 36%
Hommes actifs (base %)	898 800 71%	644 000 73%	314 900 69%	554 530 74%	404 370 69%
Occupés	828 130 92%	604 360 94%	280 710 89%	521 760 94%	363 310 90%
En chômage	70 700 8%	39 610 6%	34 240 11%	32 790 6%	41 060 10%
Inactifs	343 630 27%	228 730 26%	135 550 30%	189 780 25%	174 500 30%
Femmes actives (base %)	802 410 58%	576 910 60%	277 000 55%	491 870 61%	362 040 55%
Occupées	744 230 93%	540 670 94%	251 680 91%	461 670 94%	330 680 91%
En chômage	58 160 7%	36 320 6%	25 240 9%	30 310 6%	31 250 9%
Inactives	548 020 40%	371 310 38%	210 290 42%	305 350 38%	276 260 42%
Revenus (15 ans et plus - base %)					
Sans revenu	2 454 460 92%	1 722 510 92%	889 060 92%	1 454 670 92%	1 156 910 92%
Avec revenu	138 370 5%	98 410 5%	48 700 5%	86 900 6%	60 210 5%
Moins de 5 000\$	183 200 7%	127 410 7%	67 660 7%	109 900 7%	85 170 7%
5 000\$ à 9 000\$	283 150 11%	181 460 10%	119 540 12%	152 030 10%	148 970 12%
10 000\$ à 19 000\$	559 640 21%	365 670 20%	230 310 24%	302 360 19%	293 620 23%
20 000\$ à 29 000\$	405 660 15%	286 560 15%	145 340 15%	239 600 15%	192 300 15%
30 000\$ à 39 000\$	325 980 12%	243 740 13%	105 440 11%	206 870 13%	142 310 11%
40 000\$ à 49 000\$	211 910 8%	164 340 9%	62 650 6%	141 260 9%	85 730 7%
50 000\$ à 59 000\$	137 470 5%	106 970 6%	40 190 4%	92 990 6%	54 170 4%
60 000\$ et plus	240 820 9%	178 470 10%	73 700 8%	152 180 10%	99 990 8%
Ménages privés (base %)					
	1 331 530	890 860	524 910	736 390	679 390
Selon la taille des ménages					
1 personne	414 960 31%	221 430 25%	215 440 41%	162 580 22%	274 290 40%
2 personnes	420 460 32%	286 000 32%	162 610 31%	234 810 32%	213 800 31%
3 personnes	214 870 16%	159 120 18%	70 490 13%	137 630 19%	91 980 14%
4-5 personnes	254 070 19%	205 130 23%	66 920 13%	184 150 25%	87 910 13%
6 personnes et plus	27 050 2%	19 140 2%	9 410 2%	17 140 2%	11 400 2%
Selon le type de ménage					
Unifamilial	846 400 64%	636 340 71%	269 440 51%	547 950 74%	357 830 53%
Multifamilial	13 450 1%	9 510 1%	4 690 1%	8 460 1%	5 740 1%
Non-familial	471 770 35%	244 910 27%	250 950 48%	179 950 24%	315 900 46%
Logements privés occupés (base %)					
	1 331 550	891 000	524 810	736 480	679 340
Possédé	657 160 49%	556 840 62%	154 390 29%	496 150 67%	215 080 32%
Loué	674 360 51%	334 000 37%	370 520 71%	240 210 33%	464 310 68%
Selon le type de logement					
Maison unifamiliale	517 310 39%	501 940 56%	68 570 13%	469 340 64%	101 160 15%
Appartement de 5 étages et plus	118 700 9%	45 780 5%	76 160 15%	31 670 4%	90 270 13%
Autres	692 300 52%	339 630 38%	380 070 72%	231 860 31%	487 840 72%
Selon la période de construction					
Avant 1946	185 360 14%	60 470 7%	132 810 25%	38 290 5%	154 990 23%
1946-1960	279 710 21%	139 480 16%	150 890 29%	99 560 14%	190 810 28%
1961-1970	274 310 21%	183 680 21%	102 440 20%	143 580 19%	142 550 21%
1971-1980	240 380 18%	193 750 22%	61 590 12%	169 800 23%	85 540 13%
1981-1990	223 730 17%	189 090 21%	54 600 10%	169 040 23%	74 650 11%
1991-2001	128 060 10%	124 530 14%	22 480 4%	116 210 16%	30 800 5%

Source : Recensement 2001

ANNEXE 3 : DÉCOMPOSITIONS HIÉRARCHIQUES DES DÉPLACEMENTS-MODES DES RÉSIDENTS DE CERTAINES CLIENTÈLES

Montréal : Rosemont

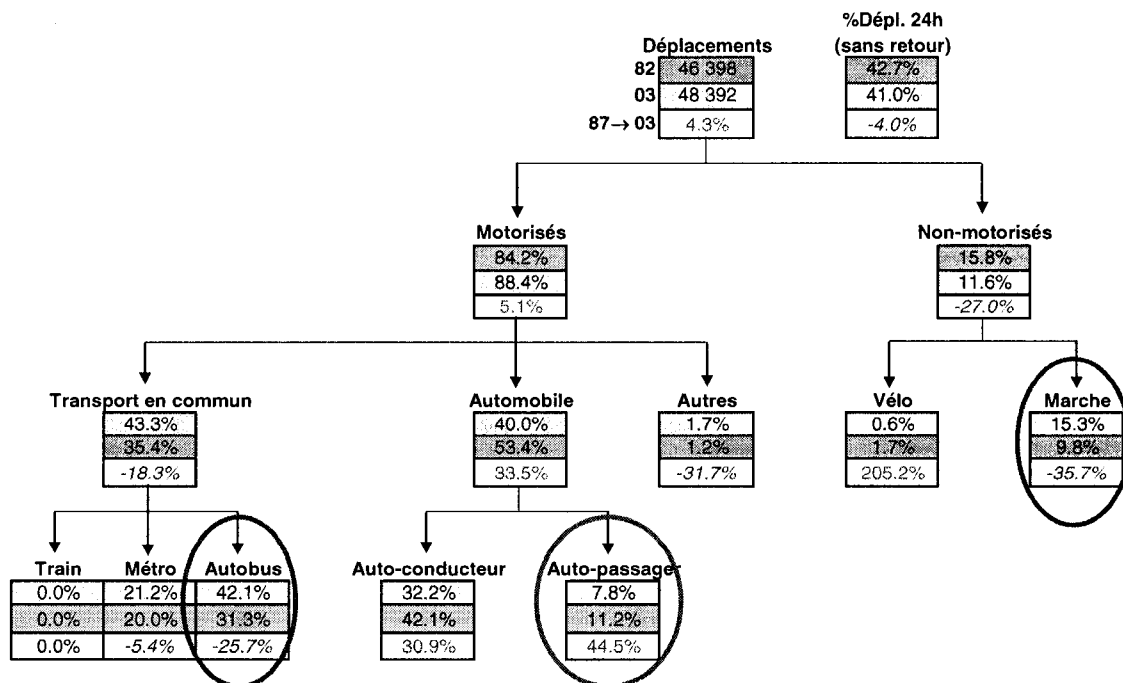


Figure A3-1 : Décomposition hiérarchique modale des déplacements-modes
Secteur Rosemont – résidents – PPAM - tous motifs

Source : Enquêtes OD 1982, 2003 – emprunté de (MADITUC, 2002)

Laval : Chomedey (vieille banlieue)

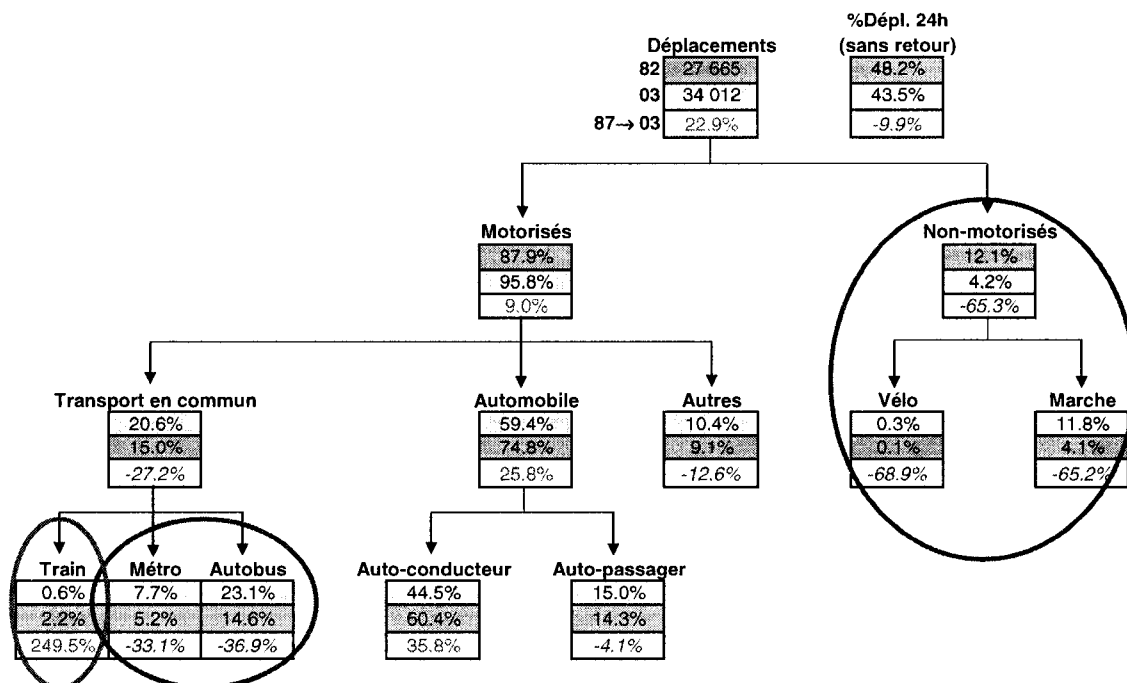


Figure A3-2 : Décomposition hiérarchique modale des déplacements-modes
Secteur Chomedey – résidents – PPAM – tous motifs

Source : Enquêtes OD 1982, 2003 – emprunté de (MADITUC, 2002)

Couronne Nord : Ste-Thérèse-de-Blainville (nouvelle banlieue)

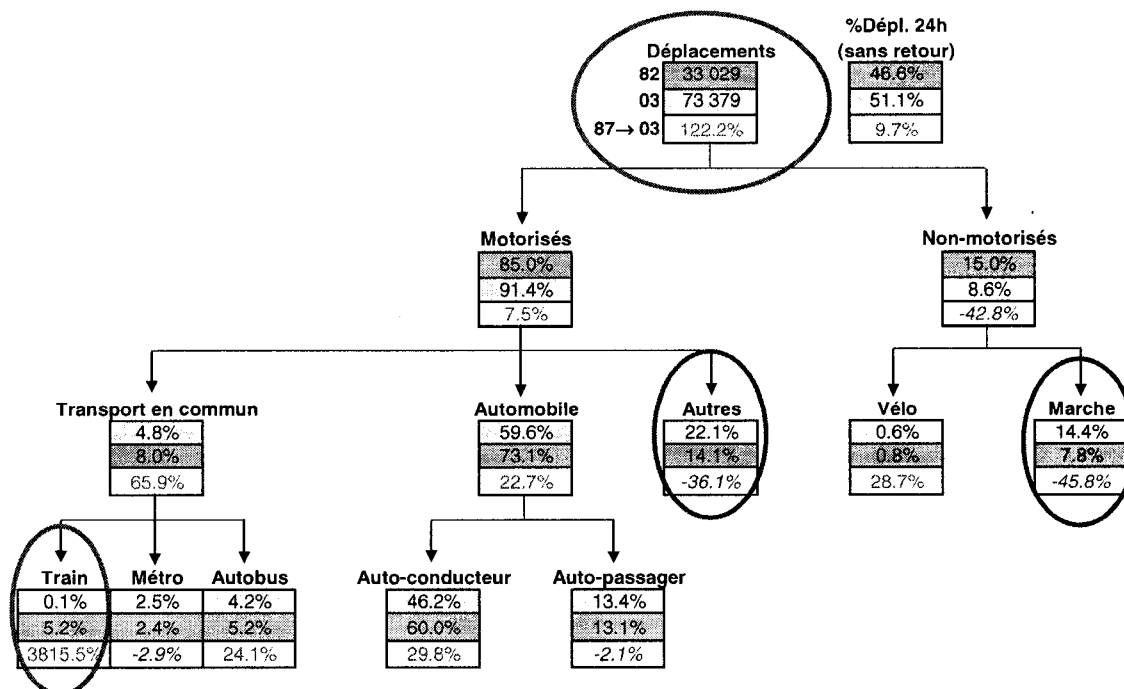


Figure A3-3 : Décomposition hiérarchique modale des déplacements-modes
Secteur Ste-Thérèse-de-Blainville – résidents – PPAM – tous motifs

Source : Enquêtes OD 1982, 2003 – emprunté de (MADITUC, 2002)