

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

DÉFINITION ET MESURE DE LA MOBILITÉ DURABLE
À L'AIDE D'INDICATEURS STATIQUES ET DYNAMIQUES

CHARLES LAMALICE
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)
AOÛT 2008



Library and
Archives Canada

Published Heritage
Branch

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque et
Archives Canada

Direction du
Patrimoine de l'édition

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence
ISBN: 978-0-494-46059-7
Our file Notre référence
ISBN: 978-0-494-46059-7

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.


Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé:

DÉFINITION ET MESURE DE LA MOBILITÉ DURABLE
À L'AIDE D'INDICATEURS STATIQUES ET DYNAMIQUES

présenté par: LAMALICE Charles

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

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

M. CHAPLEAU Robert, Ph.D., président

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

M. BAASS Karsten, Ph.D., membre

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier en tout premier lieu Catherine Morency pour m'avoir communiqué son enthousiasme contagieux pour le travail de recherche et pour m'avoir aidé à développer mon argumentaire par des conseils avisés et des discussions stimulantes. Je la remercie également pour cette approche humaine et respectueuse qu'elle a eue tout au long de l'année.

Je souhaite remercier aussi les professeurs Robert Chapleau et Karsten Baass de m'avoir soutenu et prodigué des conseils en moments opportuns ainsi que le personnel du laboratoire de Transports de l'École Polytechnique pour ses conseils techniques.

Mon séjour à l'Université a été agréable grâce aux étudiants(es) du laboratoire (dont les étudiants français, toujours très colorés), au personnel du département et aux professeurs; à vous tous je dis merci!

Les remerciements les plus vibrants, je les donne aux membres de ma famille pour leur présence et leur soutien malgré le décès qui a frappé notre famille au cours de la dernière année. Maman, je t'aime!

RÉSUMÉ

Depuis sa popularisation avec le rapport Brundtland (1987), le concept de développement durable, s'est propagé dans toutes les sphères urbaines. En transport, sous la désignation de mobilité durable, le concept est abordé fréquemment de manière à représenter des préoccupations distinctes (santé, sécurité, congestion). Les recherches littéraires effectuées ont démontré que son évaluation et son analyse sont conduites différemment d'un endroit à l'autre. Ce qui est durable pour un, n'est pas nécessairement durable pour un autre. Dans ce contexte, l'objectif général de la recherche consiste à clarifier le concept de la mobilité durable pour une éventuelle application au cas de la région métropolitaine de Montréal.

Pour les fins de clarification du concept de mobilité durable, deux objectifs sont fixés. En premier lieu, il s'agit de rassembler, dans un inventaire, les diverses interprétations du concept discernées dans la littérature. Cet inventaire permettra de classer les différentes définitions données au concept et d'identifier les indicateurs les plus pertinents pour l'évaluer, ceci afin de rendre ce concept le plus compréhensible possible. Le second objectif est d'adapter et mesurer ces indicateurs à l'aide des données disponibles à Montréal. Il y a deux approches parallèles, la première consiste à utiliser les indicateurs retenus, provenant pour la plupart des ouvrages consultés, et la seconde, vise à raffiner certains de ceux-ci afin de les rendre conformes à la complexité spatio-temporelle de la mobilité urbaine. Il s'agit donc de traduire les indicateurs statiques en indicateurs dynamiques. Ces derniers révèlent les changements résultant des déplacements des personnes et véhicules, dans le temps et l'espace, et permettent de représenter plus justement les phénomènes et comportements propres au domaine du transport.

Les recherches et les applications ayant trait à la mobilité durable, dans les secteurs publics, privés et académiques, se sont multipliées depuis les dernières années. Ces

ouvrages servent d'assise à la présente recherche. Une application éventuelle à la région métropolitaine de Montréal repose essentiellement sur les variables et les données disponibles dans les enquêtes Origine-Destination (OD) et les recensements canadiens (RC). Par exemple, les données sur le revenu des ménages disponibles dans le recensement sont fusionnées à l'enquête O-D afin d'obtenir une variable complète.

Des indicateurs particuliers, locaux et régionaux sont retenus pour caractériser le territoire de la région de Montréal (territoire ciblé par l'enquête OD 2003). Certains des indicateurs sont appliqués pour un secteur municipal (SR), pour un échantillon de plusieurs SR ou bien pour l'agglomération. Parmi l'ensemble des indicateurs potentiels, seul un sous-ensemble est retenu pour fin de démonstration; les indicateurs retenus sont conceptualisés et estimés. Ainsi, le système d'indicateurs présenté n'est pas une évaluation ou une analyse complète de la mobilité durable pour la région de Montréal mais plutôt une ébauche de différents indicateurs susceptibles d'améliorer la compréhension du concept.

Les différents indicateurs construits ne permettent donc pas une évaluation globale de la durabilité mais contribuent plutôt à l'édification d'un portrait adapté à la mobilité dans la région (indicateurs de nature descriptive). Afin de rendre compréhensible la méthode de construction et d'application, chaque indicateur présenté a été conceptualisé et, parfois, démontré à l'aide d'un exemple simplifié.

Les résultats issus de la conceptualisation et de l'application des indicateurs retenus démontrent que différents phénomènes, ayant trait à la mobilité durable, peuvent être mesurés. Il est apparu, tout au long de la recherche, qu'il n'existe pas de cadre d'application unique au concept de durabilité. En fait, l'atteinte du seuil d'équilibre tant recherché entre les notions environnementales, économiques et sociales reste strictement un choix arbitraire (un choix politique).

La connaissance du concept de la mobilité durable reste très récente et les applications sont peu nombreuses. Le constat de cette recherche porte à croire que l'évaluation de la mobilité durable devra avant tout établir ce qui est durable pour l'agglomération de Montréal. Après coups, il sera possible d'évaluer la situation en termes de durabilité et d'évaluer la viabilité des indicateurs présentés dans cette recherche.

La recherche commence par mettre en contexte la notion de mobilité durable en effectuant une revue de littérature. Les composantes, telles que les trois piliers (économique, environnemental et social), le volet spatio-temporel et les principes contribuent à bien définir le concept de mobilité durable. Notamment, une définition de la mobilité durable et, aussi, une distinction entre les notions de transport durable et de la mobilité durable sont présentées. Dans la section suivante, les indicateurs rassemblés dans un système contribuent à donner une vision plus adaptée aux principes de durabilités. De plus, l'inventaire des indicateurs de la mobilité durable peint un portrait plus complet du concept. Dans le troisième chapitre, il est question de la méthodologie et notamment, de la fusion de certaines données du recensement canadien à l'enquête OD. En dernier lieu, certains indicateurs statiques et dynamiques sont conceptualisés et appliqués permettant d'adhérer davantage aux principes de durabilité. Les indicateurs et indices explicités dans le mémoire sont : l'indice d'étalement dynamique de la population, l'évolution de l'espace consommé par le système de transport, la part du réseau routier par résident, l'accessibilité au TC, consommation de l'espace des véhicules, l'indice de fragmentation de l'espace, le volume d'activité physique et, finalement, l'indice de Gini appliqué à l'accessibilité au TC.

ABSTRACT

Since the release of the Brundtland report (1987), the concept of sustainable development was propagated in all urban spheres. For transport concerns it may be designated by the terms of sustainable mobility. Rapidly, we notice that there are various manners to apply sustainability concept, such as health, safety, congestion and many more concerns. In this context, the suggested research consists of clarifying the concept of sustainable mobility that could eventually be useful to the greater Montreal case.

For clarification purposes of the sustainable mobility concept, two objectives are laid down. First of all, it will be a question of gathering from literature, in an inventory, various interpretations of the concept. This objective should facilitate the classification of given definitions and the identification of relevant indicators in order to bring light to this obscure concept. The second objective is to adapt and measure various sustainable mobility indicators using available data for the greater Montreal area. Two parallel approaches are brought forward, the first one consists of measuring indicators selected from foreign experiments, measured in a more traditional way (static indicator), and the second, aims at refining some of those indicators in order for them to conform with the space-time complexity of urban mobility (dynamic indicator). As a result, a part of the effort will be directed on the transformation of static indicators into dynamic ones. Those ones evolve into different space-time perspectives that allow a much more precise representation of the transport phenomena and transport behavior.

Lately, many sustainable mobility experiments and researches have been carried out in public, private and academic sectors; some of those seem to have great potential and will be used for the present research. The application of sustainable mobility for the greater Montreal depends mainly on variables and data available in the Origin-

Destination (OD) survey and in the Canadian censuses. In order to use census data, a merging of some census variables to the OD survey will be investigated, such as household income. As a final point, the conceptualization and the analysis of selected indicators will be carried out, for some indicators, from a reduced sample of municipal sectors.

Local and regional indicators are presented as examples to characterize the greater Montreal region (territory of the OD survey of 2003). Some of these examples are applied to one municipal sector (SR), others to several SR or to the whole metropolitan area. Among all the potential indicators, only a few ones are conceptualized and applied. So, the system of indicators retained in this research is not a complete evaluation or analysis of the sustainable mobility for the region of Montreal but rather a sketch of several indicators susceptible to improve the understanding of the overall concept.

The constructed indicators do not allow an evaluation but rather contribute to the construction of a portrait of the sustainable development of mobility in the region (descriptive indicators). To clarify the method of construction and application, every presented indicator was conceptualized and, sometimes, demonstrated by a simplified example.

The concept of sustainable mobility remains very recent and its applications are very few. Researches, like this one, and the databases development adapted to the concerns of sustainable mobility, will eventually allow an adequate and complete evaluation of mobility under constraint of durability.

The results stemming from the conceptualization and from the application of the selected indicators demonstrate that various phenomena, concerning the sustainable mobility, can be measured. It seemed, throughout the research, that there is no unique frame of application for the concept of durability. In fact, desired equilibrium

between the environmental, economic and social notions is strictly an arbitrary choice (a political choice).

The knowledge of the concept of sustainable mobility remains very recent and the applications are still few. The results of this research demonstrate that the evaluation of sustainable mobility will have to be better defined for the greater region of Montreal. Afterwards, it will be possible to estimate the situation in sustainable terms and to estimate the viability of indicators presented in this research.

This research project starts by putting in context the concept of sustainable mobility by carrying out a literature review. The components, such as the three pillars (economic, environmental and social), the space-time perspective and the principles contribute to clarify the concept of sustainable mobility. In particular, a definition of sustainable mobility and, also, a distinction between the notions of sustainable transport and sustainable mobility are presented. In the following section, the indicators gathered in a system contribute to give a vision more adapted to the principles of sustainability. Moreover, the inventory of sustainable mobility indicators paints a more complete portrait of concept elements. The third chapter is about methodology concerns and in particular, the merging of some census variables to the OD survey. Lastly, in order to adhere to the sustainable principles, static indicators are transformed into dynamic ones. The indicators and indices in the report are the dynamic sprawling index of population, evolution of the space consumed by transport system, the ratio of road network to resident, accessibility with TC, consumption of space by vehicles, the fragmentation index of space, the physical activity volume and, finally, the index of Gini applied to accessibility by Transit.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	IV
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT.....	VIII
TABLE DES MATIÈRES.....	XI
LISTE DES FIGURES.....	XIV
LISTE DES TABLEAUX.....	XIX
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	XXI
LISTE DES ANNEXES.....	XXII
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE 2 : REVUE DE LITTÉRATURE	4
2.1. Les concepts de transport et de mobilité durable	4
2.1.1. Historique du concept de durabilité	4
2.1.2. Définition.....	6
2.1.3. Les piliers de la « durabilité ».....	9
2.1.4. Le volet spatio-temporel de la durabilité.....	15
2.1.5. Les principes du concept de durabilité	16
2.2. Les indicateurs de mobilité durable	19
2.2.1. Les ouvrages de références.....	19
2.2.2. Définition d'un indicateur	21
2.2.3. Pour quels enjeux et quelles préoccupations? Les systèmes d'indicateurs	23

2.2.4. Typologie des indicateurs	26
2.2.5. Les indicateurs classifiés	29
2.3. Conclusion	53
CHAPITRE 3 : SYSTÈME D'INFORMATION ET MÉTHODOLOGIE.....	54
3.1. Les données	54
3.1.1. Le recensement canadien	54
3.1.2. L'enquête Origine-Destination.....	55
3.1.3. Limites inhérentes aux données	57
3.2. Le territoire d'étude	58
3.3. Fusion des bases de données	61
3.3.1. Validation du vecteur de transmission	61
3.3.2. Bonification de l'enquête OD.....	69
CHAPITRE 4 : CONCEPTUALISATION ET ANALYSE DES INDICATEURS.....	72
4.1. Introduction.....	72
4.2. Indice d'étalement de la population	73
4.2.1. Définition et sources de données	73
4.2.2. Méthodologie spécifique et résultats	74
4.3. Espace consommé par le système de transport	92
4.3.1. Définition et sources de données	92
4.3.2. Méthodologie spécifique et résultats	95
4.4. Accès au territoire	112
4.4.1. Définition et sources de données	112
4.4.2. Méthodologie spécifique et résultats	115
4.5. Consommation de l'espace	118
4.5.1. Définition et sources de données	118

4.5.2. Méthodologie spécifique et résultats	121
4.6. Consommation d'énergie.....	122
4.6.1. Définition et sources de données	122
4.6.2. Méthodologie spécifique	125
4.7. Fragmentation de l'espace.....	127
4.7.1. Définition et sources de données	127
4.7.2. Méthodologie spécifique et résultats	130
4.8. Volume d'activité physique	133
4.8.1. Définition et sources de données	133
4.8.2. Méthodologie spécifique et résultats	135
4.9. Équité – Justice distributive	139
4.9.1. Définition et sources de données	139
4.9.2. Méthodologie spécifique et résultats	142
4.10. Conclusion	157
CHAPITRE 5 : CONCLUSION GÉNÉRALE	158
5.1. Objectifs	158
5.2. Contributions.....	158
5.3. Limitations & perspectives de recherche	161
RÉFÉRENCES	164
ANNEXES	173

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 – Représentation des trois « piliers » du concept de durabilité (adapté de CTD, 1997)	10
Figure 2-2 – Représentation des 3 piliers basés sur le bien-être de l'individu	12
Figure 2-3 – Représentation hybride des 3 piliers basés sur le bien-être de l'individu et sur les domaines (adapté de l'UITP, 2007)	14
Figure 2-4 – Le rôle des indicateurs de développement durable (Klooz & Schneider, 2000)	22
Figure 2-5 – La pyramide de l'information (Nicolas & Verry, 2005)	26
Figure 2-6 – Illustration de la structuration et de la typologie des indicateurs dans un cadre DPSIR en transport (traduit de EEA & EIONET, 2000)	28
Figure 2-7 – Illustration du système d'indicateurs retenu (développement durable & mobilité urbaine)	30
Figure 2-8 – Éléments recensés portant sur les coûts et les dépenses de la mobilité urbaine.....	33
Figure 2-9 – Les éléments recensés portant sur les changements climatiques	35
Figure 2-10 – Les éléments recensés portant sur la pollution de l'air et les nuisances.....	36
Figure 2-11 – Les éléments recensés portant sur la pollution des sols et des eaux de surface et souterraine	37
Figure 2-12 – Les éléments recensés portant sur la consommation d'énergie.....	37
Figure 2-13 – Les éléments recensés portant sur la biodiversité et le paysage	39
Figure 2-14 – Les éléments recensés portant sur la santé et la sécurité.....	41

Figure 2-15 – Représentation du principe de l'indice de Gini appliqué à la mesure des inégalités dans la distribution des revenus dans la société (adapté de Mussard & Terraza, 2007)	46
Figure 2-16 – Les éléments recensés portant sur l'espace consommé par le système de transport	48
Figure 2-17 – Espace consacré aux déplacements suivant les zones de l'agglomération lyonnaise (Nicolas, Pochet <i>et al.</i> , 2001a).....	49
Figure 2-18 – Les éléments recensés portant sur l'accès au territoire.....	50
Figure 2-19 – Les éléments recensés portant sur l'espace consommé par les usagers du réseau	51
Figure 2-20 – Les éléments recensés portant sur le niveau d'utilisation	52
Figure 3-1 – Aperçu des différentes variables disponibles dans la base de données de l'enquête origine-destination	56
Figure 3-2 – Le territoire d'étude et les secteurs cibles	60
Figure 3-3 – Diagramme de la méthode appliquée pour la validation de la fusion des données, sur le revenu, du recensement canadien à l'enquête OD.....	64
Figure 3-4 – Part des ménages d'une seule personne de l'enquête OD 2003 versus le recensement canadien 2001, pour chaque SR, selon la classe de revenu	65
Figure 3-5 – Part des ménages de 2 personnes et plus de l'enquête OD 2003 versus le recensement canadien 2001, pour chaque SR, selon leur classe de revenu	66

Figure 3-6 – Part des ménages de l'enquête OD 2003 versus le recensement canadien 2001, pour chaque SR, selon leur classe de revenu	68
Figure 3-7 – Diagramme de la méthode appliquée pour la fusion des données sur le revenu du recensement canadien à l'enquête OD	70
Figure 3-8 – Exemple de transfert de l'information du recensement canadien à l'enquête OD	70
Figure 4-1 – Densité brute de la population de nuit selon le secteur de résidence pour l'agglomération de Montréal en 2006.....	75
Figure 4-2 – Dynamique d'occupation du territoire pour le secteur Centre- ville selon le motif de déplacement.....	76
Figure 4-3 – Dynamique d'occupation du territoire pour le secteur de Blainville selon le motif de déplacement.....	77
Figure 4-4 – Taux de remplissage des secteurs cibles	86
Figure 4-5 – Répartition de la densité de la population cumulée de jour en fonction de la distance du Centre-ville	88
Figure 4-6 – Répartition de la densité de la population cumulée en fonction de la distance du Centre-ville et répartition du niveau d'étalement de la population	89
Figure 4-7 – Évolution de l'indice d'étalement de la population, en fonction du Centre-ville, au cours d'une journée moyenne	90
Figure 4-8 – Évolution de l'indice d'étalement de la population, en fonction du Centre-ville pour différents groupes d'âge.....	91
Figure 4-9 – Éléments considérés dans la construction de l'indicateur de l'espace consommé par le système de transport	94

Figure 4-10 – Superposition des différents FRR laissant paraître plusieurs disparités	97
Figure 4-11 – Pourcentage de la surface du territoire consommé par le réseau routier dans les SM selon l'année	99
Figure 4-12 – Pourcentage d'augmentation de la surface du réseau routier dans les SM entre 1996 et 2006	100
Figure 4-13 – Pourcentage de chaque secteur occupé par le réseau routier en fonction de la distance du Centre-ville	105
Figure 4-14 – Répartition, en 2006, de la surface (m ²) de réseau routier par habitant	106
Figure 4-15 – Le ratio de la surface (m ²) de réseau routier par individus en fonction de la distance du Centre-ville	107
Figure 4-16 – Dynamique d'occupation du secteur par la population de jour selon le motif de déplacement	111
Figure 4-17 – Différentes mesures possibles de l'accessibilité en transport en commun	113
Figure 4-18 – Étendue de l'accessibilité du TC en fonction de niveaux.....	117
Figure 4-19 – Les éléments compris dans le concept de l'espace consommé par les véhicules	120
Figure 4-20 – Éléments considérés dans la construction de l'indicateur de consommation d'énergie	124
Figure 4-21 – Répartition du prix moyen de l'essence ordinaire (Ressources naturelles du Canada, 2008)	126

Figure 4-22 – Éléments considérés dans la construction des indicateurs de fragmentation de l'espace	129
Figure 4-23 – Les différentes étapes permettant d'évaluer les zones urbaines enclavées.....	131
Figure 4-24 – Éléments considérés dans la construction des indicateurs de forme physique	135
Figure 4-25 – Méthode de la mesure de la distance parcourue.....	136
Figure 4-26 – Répartition des résidents selon leur mobilité, le mode et le temps de déplacement en transport actif	137
Figure 4-27 – Répartition, selon la date, de la température moyenne et du nombre total de précipitation durant la journée en parallèle à la part des résidents mobiles du secteur Ahuntsic ayant utilisé un transport actif	139
Figure 4-28 – Localisation des domiciles et des arrêts d'autobus sur le territoire de l'arrondissement Brossard	142
Figure 4-29 – Répartition de la contribution des différents groupes (classe de revenu des ménages) aux inégalités totales des composante de l'indice de Gini (Accessibilité au TC)	155

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3-1 – Répartition des ménages enquêtés (enquête OD 2003 et Recensement canadien 2001, 16 SM) selon leur taille et leur revenu	63
Tableau 4-1 – Évolution, heure par heure, de la densité de la population de jour (pop/km ²), population mobile seulement, des différents secteurs municipaux.....	79
Tableau 4-2 – Évolution, heure par heure, du ratio de la population de jour (mobile seulement) et de la population de nuit (mobile seulement) pour différents secteurs municipaux.....	83
Tableau 4-3 – Données des FRR (Statistiques Canada) selon l'année	96
Tableau 4-4 – Évolution de la surface occupée par le réseau routier dans les secteurs à l'étude	102
Tableau 4-5 – Évolution, heure par heure, de la superficie du réseau routier par la population de jour (m ² /individu), personne mobile seulement, des secteurs municipaux à l'étude	108
Tableau 4-6 – Répartition de la population, de la somme et la moyenne des distances entre l'arrêt d'autobus la plus proche et le domicile ainsi que la répartition de l'indice de Gini en fonction du revenu du ménage.....	143
Tableau 4-7 – Répartition de l'indice de Gini multidimensionnel et de la contribution de chaque groupe à l'inégalité totale, pour l'ensemble du SM	146
Tableau 4-8 – La part des individus et la part de l'ensemble des distances (de l'arrêt d'autobus la plus proche du domicile) de chaque sous-groupe versus la population totale	148

Tableau 4-9 – Résultats de la différence moyenne de Gini (accessibilité au TC)	151
--	-----

Tableau 4-10 – Résultats des mesures des inégalités intergroupes nettes, des inégalités de transvariation entre les sous-groupes et des inégalités intergroupes brutes	154
--	-----

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AD : Aire de Diffusion

SR : Secteur de Recensement

SM : Secteur municipal

RC : Recensement Canadien

OD : Origine-Destination

TC : Transport en Commun

FRR : Fichier du Réseau Routier

FRRET : Fichier du Réseau Routier et d'Extension des Traits

FSRR : Fichier Schématique du Réseau Routier

UITP : Union Internationale des Transports Publics

UTP : Union des Transports Publics

MTQ : Ministère des Transports du Québec

MDDEP : Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économiques

AMT : Agence Métropolitaine de Transport

UN : United Nations (Nations-Unies)

TRNEE : Table Ronde Nationale sur l'Environnement et l'Économie

EEA : European Environment Agency

EIONET : European Environment Information and Observation Network

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1- Les 27 principes du Sommet de la Terre à Rio.....	174
Annexe 2 – Barrières physico-spatiales, Fragmentation de l’espace	180

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GÉNÉRALE

Depuis le dépôt du rapport Brundtland, en 1987, par la Commission des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, la notion de développement durable n'a cessé de progresser dans les différentes sphères de la société. Nombreux sont les programmes et les politiques publics s'appuyant sur ce concept afin de sensibiliser les acteurs et la population sur les conséquences de leurs actions quotidiennes. En fait, la popularisation du concept est d'une telle ampleur que l'utilisation du terme « durable » se retrouve dorénavant dans plusieurs actions et activités quotidiennes, notamment celle des transports.

Suite à une période d'expansion et de popularisation, du milieu des années 80 jusqu'au début des années 2000, le concept de développement durable, a été appliqué à tous les secteurs. Pour le domaine des transports, le concept prend d'abord la forme de transport durable puis de mobilité durable. Selon Jean-Pierre Orfeuil (cité par Robert, 2005), la mobilité durable est un concept *« fédérateur et mis à toutes les sauces. L'idée directrice, c'est qu'on doit rechercher un équilibre entre l'économique, le social et l'environnemental. Du point de vue de l'environnement, il vaudrait mieux... qu'on se déplace assez peu. Or, du point de vue social, les plus démunis doivent pouvoir se déplacer davantage qu'aujourd'hui. Enfin, du point de vue économique, les échanges doivent être favorisés. La mobilité durable est un compromis entre ces impératifs antagonistes. »* Ce point de vue en est un parmi d'autres. En fait la notion de mobilité durable est très large. D'un côté, elle concerne plusieurs domaines (économie, social, environnemental), et de l'autre, elle est appliquée selon des préoccupations spécifiques et distinctes (sécurité, santé, congestion). L'existence de ces différentes

approches et applications (indicateurs et mesures) de la mobilité durable rend la synthèse et la compréhension du concept plus difficile.

L'étude des travaux sur les différents indicateurs et mesures de mobilité durable révèle la faible quantité des outils d'aide à la prise de décision qui intègrent correctement ce concept. Ainsi, afin de constituer un portrait objectif de la mobilité durable dans la grande région de Montréal, une réflexion visant à identifier et définir la mobilité durable est proposée. Celle-ci vise donc à développer des outils méthodologiques. Dans ce contexte, le présent mémoire a donc pour principal objectif de proposer une série d'indicateurs de mobilité durable qui pourront être estimés à l'aide des données disponibles à Montréal, notamment les données provenant des enquêtes OD. L'enquête OD de 2003 est exploitée et certaines variables provenant du recensement canadien de 2001 sont utilisées afin de bonifier l'enquête.

Une méthodologie de fusion de données est expérimentée pour assister cette intégration. Pour mener à bien l'objectif du mémoire, divers indicateurs et mesures utilisés pour définir la mobilité durable sont inventoriés et classifiés afin de clarifier, autant que possible, le concept. Pour amorcer la réflexion, une revue de littérature sur la mobilité durable est d'abord proposée (Chapitre 2 : Revue de littérature). Celle-ci permet de faire état de l'évolution du concept de durabilité, depuis sa popularisation en 1987 (rapport Brundtland), jusqu'aux différentes interprétations que l'on retrouve actuellement dans le discours public, politique et académique. Le chapitre suivant aborde les différents systèmes d'information disponibles dans la grande région de Montréal, notamment les bases de données impliquées dans la construction du portrait de la mobilité durable (Chapitre 3 : Système d'information et méthodologie). Il sera donc question de définir les différentes bases de données disponibles, notamment l'enquête Origine-Destination et les recensements canadiens ainsi que les bases de

données permettant de caractériser le territoire et les réseaux de transport. Les chapitres qui suivent portent sur la conception et l'application de la mobilité durable (Chapitre 4 : Conceptualisation et analyse des indicateurs). Dans un premier temps, il est question du développement d'une méthode de transmission des variables du recensement canadien à la base de données de l'enquête OD. La construction et l'application des indicateurs statiques et dynamiques de la mobilité durable dans la grande région de Montréal sont examinées. Une conclusion est ensuite proposée (Chapitre 5 : Conclusion générale).

CHAPITRE 2 : REVUE DE LITTÉRATURE

Malgré le flou conceptuel et politique qui entoure la notion de mobilité durable, malgré l'incertitude sur les interventions et stratégies à favoriser pour sa mise en pratique ainsi que l'ensemble des difficultés qu'elle suscite, la notion de durabilité a acquis une dimension universelle dont il est nécessaire de présenter les forces comme les faiblesses.

La revue de littérature est abordée premièrement par un historique du concept de la durabilité et des différentes définitions rencontrées. Ensuite, les dimensions généralement associées à la durabilité et à la mobilité urbaine sont analysées ainsi que le caractère spatio-temporel de ces concepts et les différents principes s'y rattachant. Dans une dernière section, sont décrits les différents types et systèmes d'indicateurs rencontrés ce qui mène au classement des indicateurs susceptibles de définir la mobilité durable pour une agglomération.

2.1. LES CONCEPTS DE TRANSPORT ET DE MOBILITÉ DURABLE

2.1.1. HISTORIQUE DU CONCEPT DE DURABILITÉ

L'émergence du concept de durabilité découle en grande partie de la montée, dès les années 70, des préoccupations environnementales liées aux excès du développement. Les effets de l'industrialisation et de la surconsommation démontrent les faiblesses et lacunes liées à un tel type de développement (United Nations, 1987; Nations Unies, 1992; 1998; 2002). Il y a production de déchets en masse et augmentation inquiétante de la pollution. Rapidement, certains phénomènes y sont associés, soit la désertification, la déforestation, suivis quelques années plus tard par l'apparition de

trous dans la couche d'ozone. D'autres phénomènes y seront associés, comme la dégradation de la biodiversité ainsi que les changements climatiques. Le concept de développement durable prend donc naissance avec la conscientisation des répercussions négatives de l'activité humaine sur l'environnement.

Plusieurs événements ont marqué l'ascension du concept de développement durable, en voici quelques-uns :

- Dépôt, en 1980, du rapport intitulé *Stratégie mondiale de conservation de la nature* préparé par l'Union mondiale pour la nature (UICN, 1980); c'est la première fois que le terme de développement durable est utilisé.
- Dépôt, en 1987, du rapport intitulé *Notre avenir à tous* (rapport Brundtland) issu de la Conférence sur l'environnement et le développement. Le rapport popularise le concept de développement durable et il est le premier à proposer une définition (Nations Unies, 1987).
- Tenue, en 1992, du 2^e *Sommet de la Terre* à Rio de Janeiro dans le cadre de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Nations Unies, 1992). Il y a adoption des 27 principes de la déclaration de Rio. De plus, il y a la « naissance » de l'agenda 21 (plan d'actions) et l'apparition du modèle à 3 piliers (Environnement, Économie, Société).
- Tenue, en 2002, du 3^e *Sommet de la Terre* à Johannesburg dans le cadre de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Nations Unies, 2002). Il y est fait le bilan depuis le 2^e Sommet de la Terre de Rio et il y est signé un traité prenant position, entre autres, sur la conservation des ressources naturelles et de la biodiversité.

- Entrée en vigueur, en 2005, du *protocole de Kyōto* sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre (Nations Unies, 1998). Mise en place d'objectifs concrets pour l'atteinte de certains principes du développement durable.

D'innombrables événements ont marqué, à un niveau plus local, la conception du développement durable. Par exemple, l'élaboration du plan de développement durable du Québec (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, 2004) ainsi que de l'adoption par le gouvernement du Québec de la loi 118 sur le développement durable (Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs, 2005).

2.1.2. DÉFINITION

Le développement durable est défini pour la première fois, en 1987, dans le rapport Brundtland (Nations Unies, 1987), issu de la Commission des Nations Unies sur l'environnement et le développement. La définition contenue dans ce rapport est encore aujourd'hui la plus populaire : « le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre à leurs propres besoins ». C'est une approche globale, touchant plusieurs dimensions et aspirant à un équilibre ou à des compromis entre le développement local, régional, à court terme, à long terme, économique, social, environnemental...

La notion de durabilité s'est répandue et elle est maintenant présente dans plusieurs domaines, dont le transport. Le Centre pour un transport durable (1997) définit cette notion comme un système :

- « Qui permet aux individus et aux sociétés de satisfaire leurs principaux besoins d'accès d'une manière sécuritaire et compatible avec la santé des humains et des écosystèmes avec équité entre les générations.
- Dont le coût est raisonnable, qui fonctionne efficacement, qui offre un choix de moyen de transport et qui appuie une économie dynamique.
- Qui limite les émissions et les déchets de manière à ce que ceux-ci ne dépassent pas la capacité que possède la planète de les absorber, minimise la consommation des ressources non renouvelables, limite la consommation des ressources renouvelables dans le respect des principes de développement durable; réutilise et recycle ses composantes et minimise l'usage des terres et le bruit ».

Il n'y a pas de consensus international sur ce que doit être la définition de la mobilité et du transport durable. Pour cette raison, la définition diffusée par le Centre pour un transport durable n'est pas unique; en fait, il existe une panoplie de définitions. L'Union Internationale des Transports Publics (UITP) définit la mobilité durable comme suit: « Prendre des décisions qui tiennent compte de leurs effets en termes de : justice sociale, protection de l'environnement et sens économique. Le développement durable est la manière de planifier le futur en travaillant dans le présent » (UITP, 2007) . Le flou conceptuel de la notion de durabilité engendre une ouverture pour l'émergence d'une série de définitions et d'applications. Litman (2007) démontre d'autres exemples de définition du concept de durabilité:

- « La durabilité est une harmonie et une équité projetée dans le futur, une aventure sans fin où la prudence est de mise, un combat continu pour une coévolution harmonieuse de l'environnement, de l'économie et du socioculturel » [traduction] (Mega and Pedersen, 1998).

- « [...] la durabilité n'est pas une analyse de risque; la durabilité c'est plutôt une analyse des systèmes. Plus précisément, cela concerne comment les systèmes environnementaux, économiques et sociaux interagissent, de manière avantageuse ou désavantageuse, et dans différentes perspectives d'opération » [traduction] (TRB, 1997).
- La durabilité c'est « la capacité d'intervenir à long terme dans le futur. En fait, tout ce qui peut se perpétuer indéfiniment constitue un élément durable. À l'inverse, tous ce qui ne peut se perpétuer indéfiniment est considéré non durable » [traduction] (Centre pour un Transport Durable, 2004).
- « Le transport durable d'un point de vue environnemental est un transport qui ne met pas en danger la santé publique ou les écosystèmes. De plus, il comble les besoins d'accessibilité (a) tout en utilisant les ressources renouvelables de manière à ne pas dépasser leur capacité de renouvellement, et (b) tout en utilisant les ressources non-renouvelables de manière à ne pas dépasser les capacités de développement de ressources alternatives » [traduction] (OECD, 1998).

LE TRANSPORT DURABLE VERSUS LA MOBILITÉ DURABLE

Les notions de transport et de mobilité durable sont utilisées pour des fins similaires. Il semble, pour l'ensemble des lectures faites sur le sujet, que la mobilité durable ainsi que le transport durable abordent les mêmes principes, les mêmes concepts et les mêmes préoccupations. Bien que ces deux termes soient considérés pratiquement identiques, ils présentent des particularités.

Le terme de transport suggère la présence de systèmes permettant les déplacements de biens et/ou de personnes. Donc, dans un premier temps, le transport s'intéresse aux infrastructures en place. Les transports c'est aussi les automobiles, les autobus, les

trains et autres. Finalement, pour donner vie au système et aux véhicules qui le composent, le transport s'intéresse aussi aux marchandises et aux personnes mobiles.

Le terme de mobilité, quant à lui, fait référence à ce qui se déplace. Donc, les personnes et les marchandises sont les premières visées par la mobilité. Ensuite, les véhicules sont considérés. Et pour finir, l'analyse et l'évaluation de la mobilité nécessitent de connaître les systèmes de transport.

En résumé, la notion de transport et de mobilité durable traitent des mêmes univers, seulement, la priorité accordée à ceux-ci est différente. Dans cette conjoncture, nous pourrions nous attendre en termes de transport durable que les efforts, afin de tendre vers la durabilité, soient plus importants au niveau des infrastructures et des véhicules. À l'inverse, la mobilité durable suggère que les efforts s'appliqueront davantage sur les déplacements et donc sur les comportements individuels.

Malgré le nombre important de définitions (modèles conceptuels), certains éléments reviennent régulièrement, notamment, les volets environnemental, économique et social, ainsi qu'un volet spatio-temporel.

2.1.3. LES PILIERS DE LA « DURABILITÉ »

Un des éléments souvent présents dans les modèles conceptuels de la « durabilité » sont les « 3 E » (les 3 piliers), soit l'environnement, l'économie et l'équité (société). En fait, le principe des trois piliers, a été popularisé lors du Sommet de la Terre de Rio. Le Centre pour un transport durable illustre parfaitement ce principe (voir Figure 2-1).

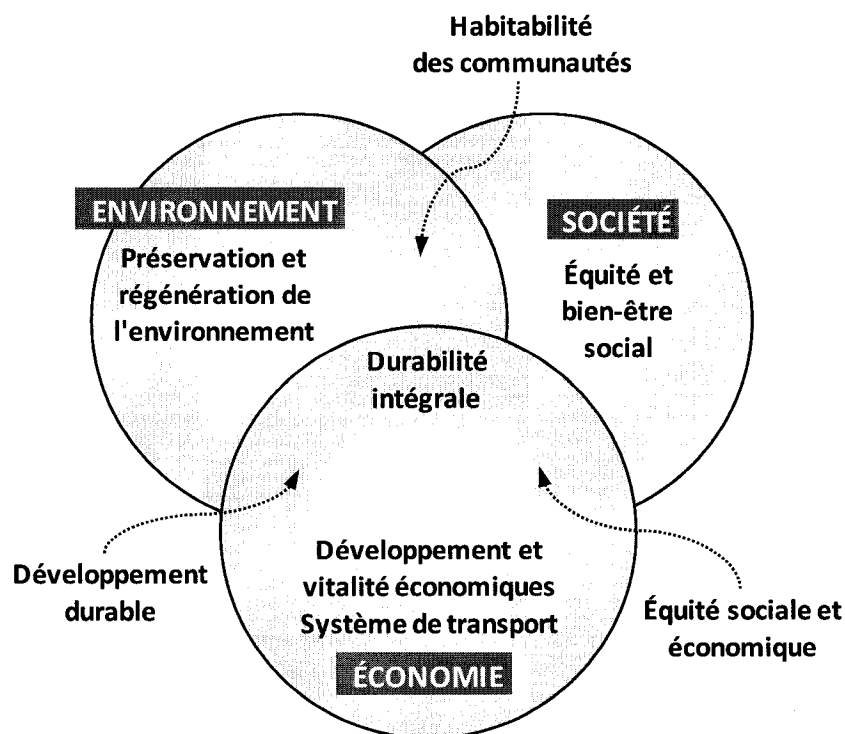


Figure 2-1 – Représentation des trois « piliers » du concept de durabilité (adapté de CTD, 1997)

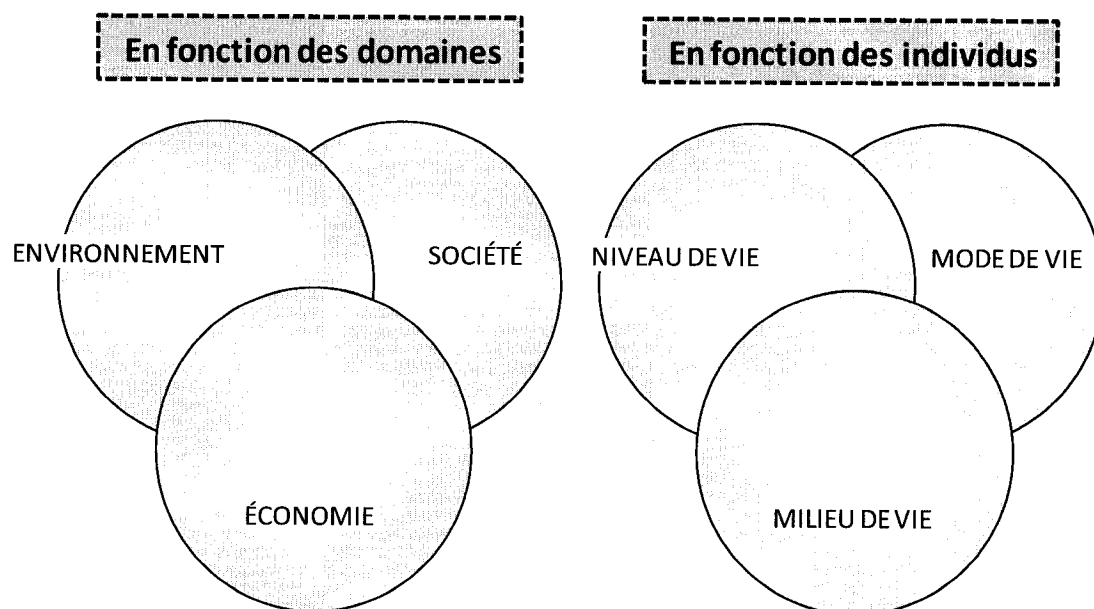
Chaque pilier représente une approche antagoniste aux deux autres. Un équilibre entre deux piliers engendre une durabilité partielle et un équilibre entre l'ensemble des piliers permet d'atteindre la durabilité intégrale.

L'Union des Transports Publics (Paillaud, 2004) définit chacun de ces piliers :

- **Pilier économique** : « un développement compétitif qui concilie la recherche d'objectifs de croissance et d'efficacité économique. Il s'agit de combiner rentabilité des services, accessibilité financière de tous et dynamisme économique. Ce pilier touche essentiellement aux modèles d'organisation, aux techniques et aux outils d'exécution ».

- Pilier social : « le développement durable ne vise pas à la croissance du PIB pour le PIB, mais bien à satisfaire les besoins fondamentaux des humains et à répondre à des objectifs d'équité et de cohésion sociale. En ce sens, il englobe les questions d'éducation, de santé, de commodités, de confort, de culture... ».
- Pilier environnemental : « quelque fois ignoré ou au contraire trop mis en avant, l'environnement est une des composantes du développement durable. Il ne saurait y avoir soutenabilité du développement sans préserver, améliorer et valoriser l'environnement et les ressources pour le long terme. Ceci passe par la maîtrise des grands équilibres permettant la diversité et la survie des espèces, la conservation et la gestion des ressources, la limitation des dégradations... ».

Le modèle conceptuel des 3 piliers, établi en fonction des domaines (économie, environnement et société), n'est pas unique. Il existe des variantes, dont le modèle présenté par le Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs (2004), où les piliers sont établis en fonction du bien-être des individus (voir la Figure 2-2).



Source: Adapté de Ministère de l'environnement du Québec, 2004

Figure 2-2 – Représentation des 3 piliers basés sur le bien-être de l'individu

Toujours indissociables, les trois piliers axés sur l'individu permettent de donner un « côté pratique » au concept de durabilité. Chacun des piliers axés sur l'individu se décrit (MDDEP, 2004) principalement de la même façon que les piliers axés sur les domaines.

- « Le milieu de vie, en général, est constitué d'un ensemble de facteurs physiques, chimiques et biologiques avec lesquels les êtres entretiennent des relations dynamiques et qui, dans un lieu donné, influent sur le développement. Il fait référence à l'eau, à l'air, au sol et au sous-sol. Il est caractérisé par une grande diversité d'organismes vivants. Le milieu de vie comprend l'environnement dans lequel évoluent les êtres humains, les lieux où ces derniers habitent et mènent leurs activités quotidiennes (travail, études, loisirs, etc.), les constructions, les aménagements et les infrastructures que l'on y trouve, le paysage et le contexte

visuel dans lequel ces lieux s'insèrent et, enfin, l'atmosphère qui y règne (tranquillité, sécurité) ».

- « Le mode de vie fait référence à la manière d'être et aux façons de vivre. Il renvoie aux pratiques sociales, y compris les aspects culturels. Cette notion se traduit par l'ensemble des comportements d'une collectivité : habitudes de consommation, façons de se vêtir, de se loger, de mettre en valeur le patrimoine naturel et culturel, choix religieux, temps consacré au travail et aux autres occupations, modes de création et de production artistique, importance accordée à la santé, à la sécurité et à l'éducation, etc. Le mode de vie traduit donc les représentations centrales d'une société, les valeurs qui caractérisent cette société et ce à quoi les citoyens accordent de l'importance ».
- « Le niveau de vie est défini comme la situation d'une personne ou d'un groupe de personnes sur une échelle de bien-être préalablement déterminée, objectivement ou subjectivement admise. Le niveau de vie renvoie non seulement au bien-être matériel des individus et des groupes, mais aussi aux possibilités de mobilité sociale de ces derniers, puis à l'autonomie que leur confère la liberté de choisir. C'est une mesure de quantité, mais également de qualité des biens et des services disponibles. Cette notion englobe, entre autres, l'utilisation des ressources qui nous entourent, la production de biens et de services, les activités de communication et de distribution, ainsi que les marchés de consommation. En ce sens, le niveau de vie peut être utilisé pour apprécier, du moins partiellement, le développement économique d'une société ».

Et finalement, on retrouve aussi un modèle « hybride », intégrant les 2 approches (voir la Figure 2-3). Le centre du diagramme, où les cercles se croisent, représente l'individu. Ce dernier évolue à l'intérieur de différentes sphères (sociale, économique et

environnementale) et les interactions entre celles-ci déterminent le niveau de durabilité.

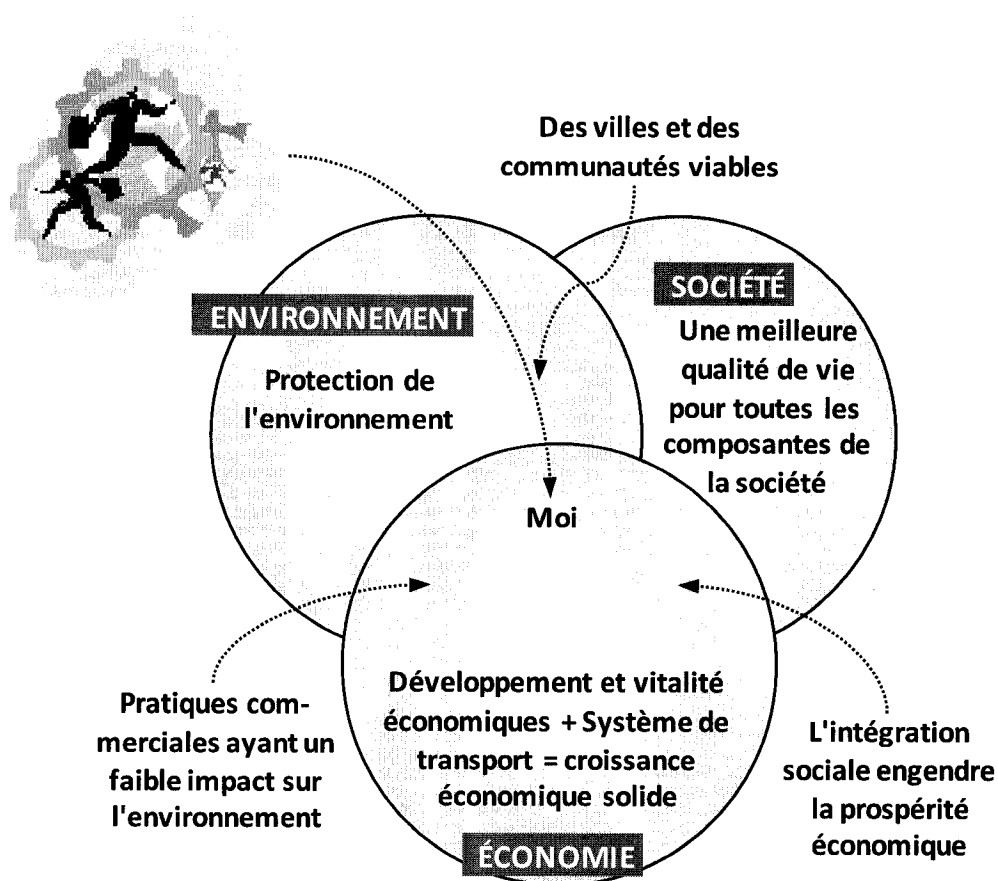


Figure 2-3 – Représentation hybride des 3 piliers basés sur le bien-être de l'individu et sur les domaines (adapté de l'UITP, 2007)

Malgré la multitude de définitions et d'approches différentes du concept de durabilité, certains éléments reviennent régulièrement. Sous différentes variantes, le modèle des 3 piliers est devenu la représentation par excellence du concept de durabilité. Dans la prochaine section, il sera question d'un élément important de la durabilité qui n'est pas abordé dans les modèles présentés.

2.1.4. LE VOLET SPATIO-TEMPOREL DE LA DURABILITÉ

Les trois piliers illustrent l'interaction entre différents domaines. Toutefois, les modèles ne représentent qu'une partie des éléments essentiels de la durabilité. Une lecture rapide des différentes définitions du concept dénote l'importance du volet spatio-temporel :

- « [...] planifier le **futur** en travaillant dans le **présent** » (UITP, 2007);
- « [...] équité entre les **générations** » (CTD, 1997);
- « [...] **coévolution** harmonieuse des défis environnementaux, économiques et socioculturelles » (Litman, 2007);
- « [...] tout ce qui peut être **perpétué** indéfiniment est considéré comme **durable** [...] » (Litman, 2007);

La notion de durabilité est immanquablement caractérisée par le temps. Dans l'approche plus large du développement durable, l'équité intergénérationnelle et l'équité entre diverses entités géopolitiques (équité Nord-Sud) représentent en bonne partie le volet spatio-temporel. Toutefois, lorsque la notion de mobilité durable est abordée, il y a d'autres facteurs spatio-temporels qui entrent en jeu. Pour cause, la mobilité se caractérise, principalement, par l'accessibilité et les déplacements, ces derniers étant intimement liés aux variables temps et espace.

Ainsi, les différentes périodes de la journée, de la semaine, de l'année deviennent autant de variables potentielles pouvant caractériser la mobilité durable. Au niveau spatial, c'est le même constat, le nombre d'interactions spatiales possibles est étroitement corrélé aux différents découpages faits du territoire.

Le concept de durabilité prend tout son sens lorsque la notion spatio-temporelle est considérée.

2.1.5. LES PRINCIPES DU CONCEPT DE DURABILITÉ

En 1992, lors du Sommet de la Terre à Rio, 27 principes ont été adoptés (Voir l'annexe 1). Ces principes servent principalement à : guider les actions, élaborer des politiques, des lois et des règlements afin d'atteindre un développement durable. Ces principes fixent le cadre institutionnel international du concept de développement durable (Nicolas & Verry, 2005). Dans la même foulée, nombreux sont ceux qui s'inspirent des principes de Rio pour élaborer leurs propres principes.

Le plan de développement durable du Québec (Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs, 2004) propose, quant à lui, 14 principes :

1. Santé et qualité de vie;
2. Équité sociale;
3. Protection de l'environnement;
4. Efficacité économique;
5. Participation et engagement;
6. Accès au savoir;
7. Protection du patrimoine culturel;
8. Prévention;
9. Précaution;
10. Préservation de la biodiversité;
11. Respect de la capacité de support des écosystèmes;
12. Production et consommation responsable;
13. Pollueur-Utilisateur-Payeur;
14. Partenariat et coopération intergouvernementale.

Les principes énoncés par le Ministère de l'environnement du Québec délimitent le cadre de l'administration publique québécoise. Plusieurs sphères d'activités reprennent et élaborent leurs propres principes.

Lors de la conférence de l'OCDE à Vancouver, intitulée *Vers des transports durables*, la *Table Ronde Nationale sur l'Environnement et l'Économie* (TRNEE) a élaboré, pour l'occasion, une série de principes, toujours inspirés des 27 principes de Rio, visant, cette fois-ci, à cerner les enjeux et les préoccupations importantes auxquels fait face le secteur des transports. Les principes proposés par la TRNEE sont les suivants (OCDE, 1996) :

Droit à l'accès

« Tout être humain a droit à un accès raisonnable aux personnes, aux lieux, aux biens et aux services ainsi qu'à une information sérieuse qui lui permette de s'orienter vers les transports durables ».

Équité intra et intergénérationnelle

« Les États et le milieu des transports doivent s'efforcer d'assurer l'équité sociale, interrégionale et intergénérationnelle, tout en répondant aux besoins fondamentaux de tous en matière de transport, y compris les femmes, les démunis, les ruraux et les handicapés. Les économies développées doivent œuvrer en partenariat avec les économies en développement pour favoriser les transports durables ».

Responsabilité individuelle et collective

« Individus et collectivités doivent agir en tant que gardiens du milieu naturel et s'engager à faire des choix respectueux de l'environnement en ce qui concerne la consommation et les déplacements ».

Protection de la santé et sécurité

« Il faudrait concevoir et faire fonctionner les systèmes de transport de manière à protéger la santé physique et mentale, le bien-être social et la sécurité de tous et à améliorer la qualité dans les collectivités ».

Éducation et participation du public

« Les personnes et les collectivités doivent s'impliquer dans la prise des décisions concernant les transports durables et être habilitées à y participer. A cette fin, il importe de leur donner les ressources et le soutien adéquats et appropriés, y compris l'information, concernant les enjeux ainsi que les avantages et les coûts de l'éventail des solutions qui s'offrent ».

Planification intégrée

« Les décideurs en matière de transports ont la responsabilité de rechercher des modes de planification plus intégrés ».

Protection des terres et autres ressources

« Il faudrait concevoir les collectivités de façon à encourager les transports durables et à améliorer l'accès, pour contribuer à procurer un milieu de vie confortable et agréable. Les systèmes de transport doivent utiliser efficacement l'espace et les ressources naturelles, tout en assurant la préservation des habitats vitaux et les autres impératifs du maintien de la biodiversité ».

Prévention de la pollution

« Il faut répondre aux besoins de transport sans produire des rejets qui mettent en péril la santé publique, le climat de la planète, la diversité biologique ou l'intégrité de processus écologiques essentiels ».

Bien-être économique

« Les politiques fiscales et économiques devraient favoriser, et non pénaliser, les transports durables, qu'il faudrait considérer comme contribuant à l'amélioration du bien-être économique. Les mécanismes du marché devraient permettre une prise en compte plus complète des coûts, reflétant les véritables coûts sociaux, économiques et environnementaux -- présents et futurs -- afin que les utilisateurs en paient leur juste part. Il faudrait en outre encourager la détermination des moyens les moins coûteux de mettre en œuvre les solutions appropriées ».

Ces principes résument plutôt bien ce qu'implique le concept de mobilité durable. On remarque aussi que les enjeux et les préoccupations du concept de durabilité sont tous traités. À présent, il est possible de cibler les indicateurs qui permettront de constater, d'évaluer et de prévoir le niveau de la mobilité durable.

2.2. LES INDICATEURS DE MOBILITÉ DURABLE

Plusieurs indicateurs ont été identifiés dans la littérature. Dans un premier temps, afin de bien comprendre ce qu'est un indicateur, une définition de celui-ci en est proposée. Sont aussi répertoriés les systèmes d'indicateurs dans lesquels les différents indicateurs s'imbriquent. Finalement certaines typologies attribuées aux indicateurs sont décrites. La dernière partie de cette section, recense les indicateurs susceptibles de décrire la mobilité durable.

2.2.1. LES OUVRAGES DE RÉFÉRENCES

Depuis le rapport Brundtland en 1987, plusieurs initiatives sur le développement d'indicateurs de durabilité ont vu le jour. La recherche d'ouvrages de références sur les

indicateurs de mobilité durable effectuée dans le cadre de ce mémoire n'a pas la prétention d'être exhaustive, toutefois, elle aspire à représenter globalement les divers résultats sur le sujet. Dans cette perspective les ouvrages les plus pertinents ont été retenus, certains initiés par le milieu académique, d'autres par le milieu privé ou public. Les ouvrages en question sont :

- Travaux de Jean-Pierre Nicolas du *Laboratoire d'Économie des Transports* (LET) :
 - Indicateurs de mobilité durable, application à l'agglomération de Lyon : Méthodes et résultats (Nicolas, Pochet *et al.*, 2001a);
 - Indicateurs de mobilité durable, application à l'agglomération de Lyon (Nicolas, Pochet *et al.*, 2001b);
 - Article paru dans la revue *Les cahiers scientifiques du transport*, Mobilité urbaine et développement durable : Quels outils de mesure pour quels enjeux (Nicolas, Pochet *et al.*, 2002);
 - Indicateur de mobilité durable : de l'état de l'art à la définition des indicateurs dans le projet SIMBAD (Nicolas & Verry, 2005);
- Travaux de Todd Litman, directeur exécutif du Victoria Transport Policy Institute et membre du comité Transportation and Sustainability du Transportation Research Board (TRB) :
 - Rapport du Victoria Transport Policy Institute, Well measured: Developing indicators for comprehensive and sustainable transport planning (Litman, 2007);
 - Autres travaux sur des sujets connexes (mobilité, accessibilité, équité, etc.);

- Rapport de l'INRETS, Indicateurs d'évaluation de scénario d'évolution de la mobilité urbaine (Gallez, 2000).
- The PROPOLIS approach to urban sustainability and the application of the approach in seven European cities (Lautso, 2004).
- Rapport de l'AIPCR, Évaluation et limitation des impacts sociaux et environnementaux des réseaux routiers et des politiques de transport (Cools, Shepherd *et al.*, 2004).
- Rapport du Conseil Régional de l'Environnement de Montréal, Premier plan stratégique de développement durable de Montréal : Indicateur de l'état de l'environnement (Domingo & Porlier, 2007).
- Rapports du EEA et du EIONET, TERM – Transport and Environment Reporting Mechanism (EEA & EIONET, 2000; 2001; 2002).

Quelle que soit la nature de ces ouvrages, tous abordent le concept de durabilité (ses enjeux, ses principes, ses préoccupations et ses indicateurs), généralement de manière différente les uns des autres. Malgré tout, certains éléments reviennent régulièrement.

2.2.2. DÉFINITION D'UN INDICATEUR

Un indicateur peut se définir comme un outil d'évaluation et d'aide à la décision permettant de mesurer de façon objective un phénomène. Le Centre de recherche canadien pour le développement international (CRDI, 2007), définit un indicateur comme un « facteur, ou variable, quantitatif ou qualitatif constituant un moyen simple et fiable de mesurer un accomplissement, de refléter les changements associés à une intervention ou d'aider à évaluer la performance d'un acteur dans le domaine du développement ».

Généralement, les indicateurs sont utilisés afin de **quantifier l'information** d'une situation ou d'un processus complexe (De Villers & Reniers, 2000; Nicolas & Verry, 2005; Marsden, Kelly *et al.*, 2006). De cette façon, ils peuvent rendre perceptibles certains phénomènes qui ne le sont pas autrement. Les indicateurs font aussi intervenir un processus de **synthèse de l'information** et de simplification des interrelations entre les éléments considérés. Finalement, les indicateurs **communiquent l'information** aux acteurs concernés et véhiculent un message facile à interpréter (selon le destinataire).

Klooz et Schneider (2000) illustrent les divers rôles que peuvent jouer les indicateurs de développement durable (voir Figure 2-4).

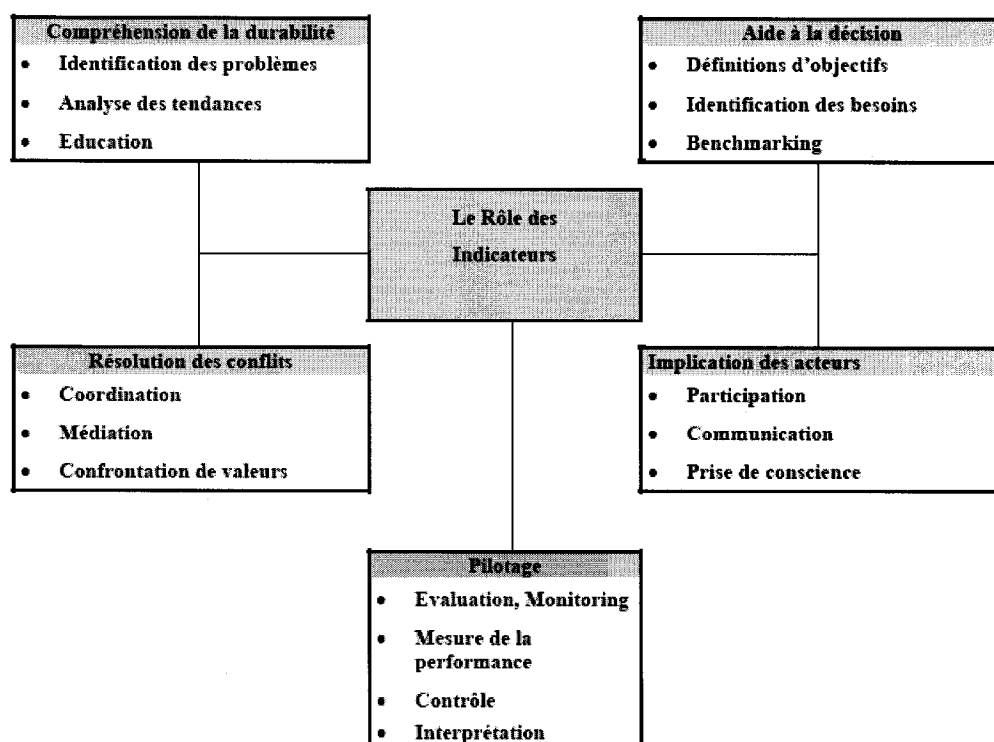


Figure 2-4 – Le rôle des indicateurs de développement durable (Klooz & Schneider, 2000)

Ici, les rôles des indicateurs ne se limitent pas à simplement mesurer (De Villers & Reniers, 2000; Nicolas & Verry, 2005), mais plutôt à comprendre la durabilité, à aider lors de la prise de décision, à impliquer les différents acteurs ainsi qu'à évaluer et résoudre des problématiques.

C'est dans cette optique que le gouvernement québécois a adopté, en 2006, la loi sur le développement durable. La loi stipule que les différents ministères et organismes publics doivent se doter d'indicateurs de développement durable. Cet exercice permettra aux différents acteurs de cibler les enjeux propres à leur situation, de définir des objectifs clairs, de mesurer leurs performances et finalement de prendre les actions nécessaires pour améliorer la situation de la durabilité dans notre société.

2.2.3. POUR QUELS ENJEUX ET QUELLES PRÉOCCUPATIONS? LES SYSTÈMES D'INDICATEURS

Globalement, la notion de développement durable aborde de manière conjointe les trois dimensions, environnementale, économique et sociale, dans une perspective d'équilibre (Nicolas, Pochet *et al.*, 2001b; 2001a). La mobilité durable, pour sa part, est en quelque sorte la confrontation de la notion de développement durable et de la notion de mobilité. Le fait est que, généralement, l'amélioration de la mobilité se fait au détriment du développement durable et vice versa (De Villers & Reniers, 2000; Paillaud, 2004; UITP, 2004; Banister, 2008). Pourtant, l'incidence de la mobilité sur les différentes sphères de la durabilité ne se fait pas de la même façon. L'amélioration de la mobilité va souvent de pair avec l'efficacité économique ainsi qu'une meilleure accessibilité et opportunité sociale. Cependant, l'amélioration de la mobilité engendre des pressions importantes sur l'environnement, que ce soit l'augmentation de la surface dédiée aux infrastructures de transport ou bien les émissions de gaz dues à

l'utilisation accrue des véhicules motorisés. La mobilité semble, a priori, en contradiction avec la préservation de l'environnement. Il est donc essentiel de déterminer la finalité de chaque indicateur (Nicolas & Verry, 2005; Marsden, Kelly et al., 2006) et l'enjeu qu'il sous-tend lors de l'élaboration du système d'indicateurs.

L'élaboration d'un système d'indicateurs de développement durable (De Villers & Reniers, 2000; CQDD, 2001) se fait généralement selon une logique et une organisation distincte. MaLaren identifie six cadres conceptuels et méthodologiques permettant de développer des indicateurs :

1. Cadre basé sur les domaines

« Ces cadres prennent pour point de départ les différentes dimensions du développement durable (environnement, économie et société); les indicateurs sont ensuite identifiés. Des dimensions additionnelles, telles que la santé ou le cadre institutionnel, sont parfois définies ».

2. Cadre basé sur les objectifs

« Dans ce cas, le choix des indicateurs se base sur les objectifs existants en matière de développement durable, par exemple, dans le cadre d'une stratégie nationale. Le point fort de ce type d'approche est qu'il permet de réduire le nombre d'indicateurs potentiels qui doivent être envisagés. Par contre, ce cadre risque de ne pas rendre compte correctement des relations complexes qui existent entre diverses préoccupations ou indicateurs ».

3. Cadre sectoriel

« Ces jeux d'indicateurs sont orientés sur les activités à la base des pressions (transports, agriculture, énergie, tourisme, etc.) ou sur certains départements (santé,

défense, etc.). Cette approche peut notamment s'avérer appropriée quand les principaux utilisateurs des indicateurs sont les personnes qui élaborent les politiques relatives à ces secteurs ».

4. Cadre basé sur les enjeux

« Ces ensembles d'indicateurs sont organisés autour d'une liste d'enjeux ou de problématiques clés associés au développement durable (pollution atmosphérique, bruit, santé, etc.). Potentiellement, cette approche est davantage susceptible de connaître un succès auprès du public (choix d'indicateurs résonnants, cadre simple). Elle peut par contre manquer de rigueur et d'exhaustivité dans la représentation des diverses dimensions de la durabilité ».

5. Cadre de causalité

« Ces cadres vont au-delà des approches "taxonomiques" adoptées dans les cas précédents dans la mesure où des relations sont introduites entre causes et effets (voir exemples ci-dessous). Ces schémas peuvent être utilisés pour suggérer certaines causes des changements dans les niveaux des indicateurs (même si l'identification précise des causes et des effets ne peut être établie sur la base d'un indicateur). La limite de ce type d'approche est que l'interaction entre différents indicateurs est en général plus complexe que la structure du cadre ne peut le laisser croire ».

6. Combinaison de différents cadres

« La combinaison de différentes approches permet en général de construire des jeux d'indicateurs plus complets, d'accumuler les avantages liés à chacune d'entre elles et d'éviter quelques unes des faiblesses inhérentes à certains schémas ».

La totalité ou presque des ouvrages de références utilisent une combinaison de différents cadres (par domaines, secteurs, enjeux et causes). Ensuite, vient le choix des bons indicateurs qui s’imbriqueront dans ce cadre pour former ce qu’on appelle un système d’indicateurs. En fait, il n’existe pas de bons indicateurs en soi, mais plutôt, comme nous venons de voir, des indicateurs appropriés à un contexte défini (De Villers & Reniers, 2000).

2.2.4. TYPOLOGIE DES INDICATEURS

Régulièrement, l’enjeu analysé ainsi que le contexte reflètent le type d’indicateur utilisé. Bien qu’une panoplie de typologies existe, seulement, quelques-unes reviennent fréquemment dans la littérature. Parmi les typologies les plus courantes, il y a celle axée sur le public cible (CQDD, 2001), sur le niveau d’agrégation de l’information (voir Figure 2-5) (De Villers & Reniers, 2000; Nicolas & Verry, 2005) ou bien encore selon le cadre DPSIR (De Villers & Reniers, 2000; EEA & EIONET, 2000) («Driving force - Pressure - State - Impact - Response» ou «Force agissante - Pression - État - Impact - Réponse»), illustré à la Figure 2-5.

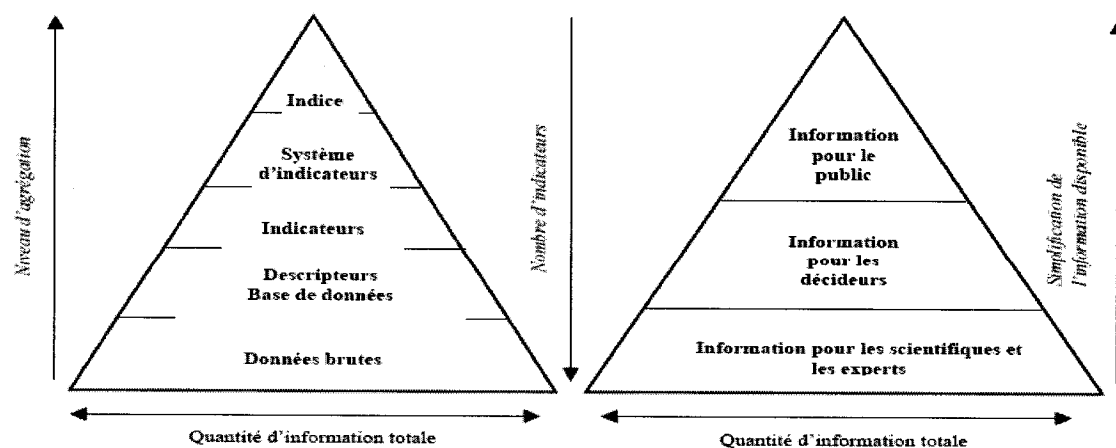


Figure 2-5 – La pyramide de l’information (Nicolas & Verry, 2005)

La Figure 2-5 démontre dans un premier temps (pyramide de gauche) que l'information est synthétisée de plus en plus lorsque nous gravissons les échelons de la pyramide. Dans un deuxième temps, la pyramide à droite fait un parallèle avec le public cible et la quantité d'information. Donc, le niveau d'agrégation détermine la typologie de l'indicateur. Villers (2000), distingue trois types d'indicateurs en fonction de leur niveau d'agrégation, soit :

1. les indicateurs **spécifiques** élaborés en grand nombre et avec une quantité importante de données;
2. les indicateurs **composites** ou indices : construits en petit nombre mais également avec une quantité importante de données;
3. à l'instar des autres, les indicateurs **clés** reposent principalement sur la sélection des données les plus représentatives.

La Figure 2-6 démontre les différents types d'indicateurs (d'état, de pression, etc.) développés dans un cadre de causalité. Le cadre DPSIR est une modification du cadre PSR (« Pressure – State – Response »), utilisé par l'OCDE (1996).

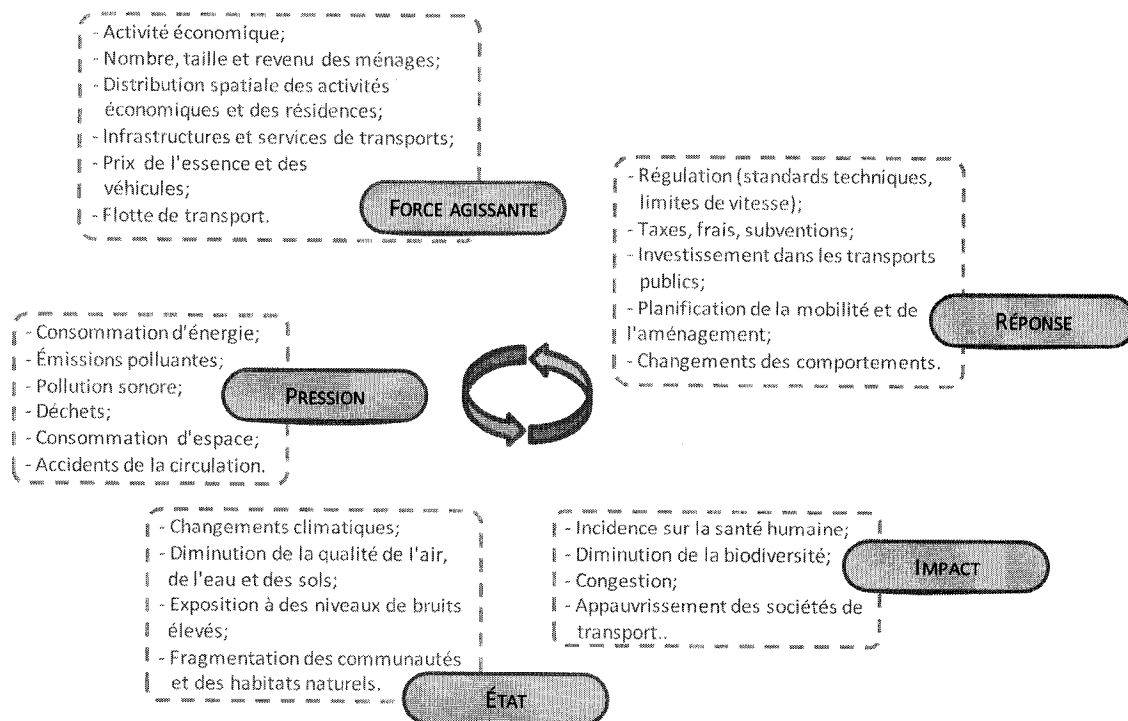


Figure 2-6 – Illustration de la structuration et de la typologie des indicateurs dans un cadre DPSIR en transport (traduit de EEA & EIONET, 2000)

D'autres variations existent, par exemple le cadre DSR (Driving-force – State – Response) de la Commission des Nations-Unies sur le développement durable (UNCSD, 2001). Dans ce cadre les indicateurs sont organisés en fonction des relations entre eux. Selon le Centre pour un Transport Durable (Gilbert, Irwin *et al.*, 2002), l'utilisation d'une telle typologie est très complexe et comporte plusieurs zones floues. Ce système d'indicateurs est plutôt difficile à élaborer car il faut considérer les interrelations entre les divers éléments. Plusieurs indicateurs pourraient tout aussi bien se retrouver dans différentes catégories.

En fait, les efforts pour le développement d'une typologie des indicateurs sont importants et c'est pourquoi il existe de nombreux cas (De Villers & Reniers, 2000; EEA

& EIONET, 2000; CQDD, 2001; Nicolas, Pochet *et al.*, 2001b; 2001a; Gilbert, Irwin *et al.*, 2002; Nicolas & Verry, 2005).

Les indicateurs sont parfois classés selon les domaines qu'ils représentent (environnement, économique, social) ou bien selon qu'ils sont de forme qualitative ou quantitative. Parfois, les indicateurs sont classés selon une qualité attribuée aux indicateurs comme par exemple des indicateurs descriptifs ou des indicateurs de performance, les premiers illustrant l'état d'un système, les seconds démontrant les résultats des indicateurs en comparaison avec des valeurs de références. Finalement, bien que la typologie nous informe sur la nature de l'indicateur, c'est plutôt le cadre et l'enjeu qui lui confère véritablement un sens, permettant ainsi de comprendre et d'élaborer des pistes d'actions.

2.2.5. LES INDICATEURS CLASSIFIÉS

Dans un effort de clarification du concept de mobilité durable et des différentes applications inhérentes à celui-ci, les indicateurs pertinents rencontrés dans les ouvrages consultés sont décrits. Auparavant, il est nécessaire d'adopter un cadre conceptuel et méthodologique à partir duquel les indicateurs seront organisés. Le cadre retenu (voir Figure 2-7) pour ce mémoire s'inspire, en partie, de celui présenté par Nicolas (2002). Les indicateurs s'organisent autour des trois domaines du développement durable (économie, environnement et société) et de la notion de mobilité urbaine. Pour Maclaren (tiré de De Villers & Reniers, 2000), le cadre retenu ici est multiple, ce qui consiste en l'organisation des indicateurs selon les domaines, les enjeux et les préoccupations.

L'organisation des indicateurs autour des enjeux et des préoccupations permet de constituer des indicateurs plus faciles à interpréter. L'emploi des enjeux et des

préoccupations, surtout pour le domaine de l'environnement et de la société, permet de mettre en contexte les indicateurs. Par exemple, au lieu des indicateurs illustrant simplement l'environnement, ces derniers illustrent les changements climatiques, la pollution atmosphérique, l'équité ou autres. Dès lors, il est beaucoup plus facile d'appréhender la portée des indicateurs et leur véritable fonction.

Contrairement aux 3 piliers de la durabilité, la notion de mobilité urbaine est abordée différemment. Elle est traitée dans une approche analytique de transport, soit en considérant deux éléments qui interagissent ensemble, d'un côté le réseau, l'offre et l'accessibilité, et de l'autre la consommation, la demande et le comportement.

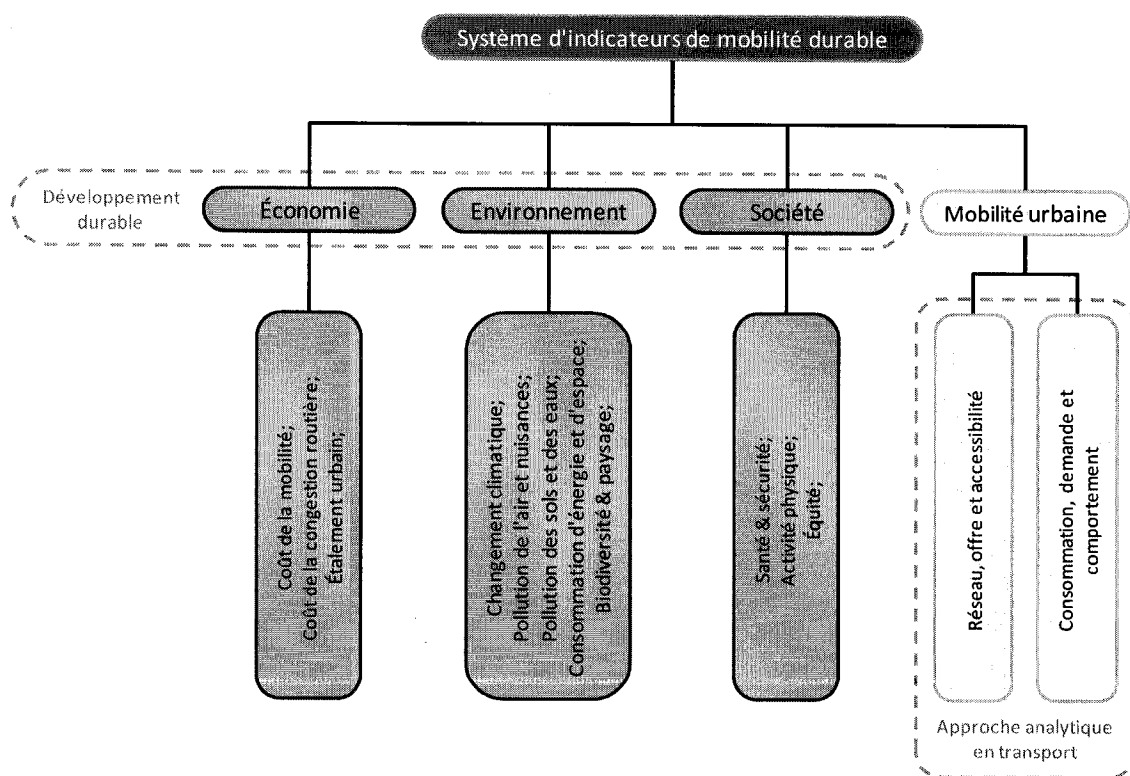


Figure 2-7 – Illustration du système d'indicateurs retenu (développement durable & mobilité urbaine)

L'organisation des indicateurs recensés autour d'un système d'indicateurs basé sur le domaine (économie, environnement, société et mobilité urbaine) s'est fait en plusieurs étapes. Premièrement, une liste initiale des indicateurs susceptibles de mesurer la mobilité durable a été construite. Ensuite, un survol de la liste a permis de cibler les différents enjeux traités. Et finalement, une adaptation et transformation de certains éléments ont permis d'organiser une grande majorité des indicateurs autour du cadre conceptuel et méthodologique choisi. Pour chaque préoccupation et enjeu, une figure est présentée faisant office de synthèse des éléments recensés dans la littérature.

Il est à noter aussi que les indicateurs retenus ici le sont de façon ponctuelle, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'interdépendance entre eux. De plus, certains indicateurs ont été modifiés ou fusionnés afin d'être consistants avec le cadre choisi et/ou afin d'apporter une mesure complémentaire à un phénomène non mentionné dans les ouvrages consultés. Finalement, les indicateurs rapportés dans cette section ne sont pas nécessairement, à ce stade de la recherche, transposables à la région métropolitaine de Montréal. En fait, le système d'indicateurs retenu, n'est utile que dans la mesure où il permet de rendre plus claire l'organisation et la classification d'indicateurs pertinents pour une éventuelle application à la grande région de Montréal.

2.2.5.1. LE DOMAINE ÉCONOMIQUE

Bien que l'analyse coûts-bénéfices soit utilisée depuis longtemps, très peu l'appliquent dans un contexte d'évaluation de la mobilité durable (Lautso, 2004). L'inconvénient avec une telle analyse, c'est qu'elle nécessite l'extrapolation d'une valeur monétaire pour tous les phénomènes considérés, comme par exemple les bénéfices monétaires de la mobilité. Afin d'éviter les complications liées à l'analyse coûts-bénéfices, seuls les

différents coûts associés à la mobilité urbaine (les indicateurs spécifiques, moins agrégés) sont retenus.

COÛTS ET DÉPENSES POUR LA MOBILITÉ URBAINE

Plusieurs des ouvrages consultés contiennent des indicateurs abordant les coûts de la mobilité urbaine (voir Figure 2-8). Certains évaluent le coût de la mobilité en fonction des dépenses encourues pour chaque passager-kilomètre (\$/pass.-km) et ceci sous différentes perspectives, soit les ménages, les entreprises et le milieu public (Nicolas, Pochet *et al.*, 2001b; 2001a; 2002; Nicolas & Verry, 2005). D'autres suggèrent plutôt l'utilisation du coût moyen pour un véhicule-km, ou bien encore, du niveau de dépense moyen par personne (\$/pers.) pour mesurer le coût de la mobilité urbaine (Litman, 2007). Les principaux coûts de la mobilité urbaine sont nombreux et se retrouvent dans plusieurs ouvrages. Cependant, quelques-uns apportent des précisions supplémentaires sur les possibles coûts de la mobilité urbaine tels que les transferts monétaires organisés par les gouvernements (taxes, tarifs, subventions et autres) (Nicolas, Pochet *et al.*, 2002) et les coûts occasionnés par les accidents (Litman, 2007).

Litman (2007) répertorie d'autres indicateurs comme le coût de la mobilité pondéré par le revenu du ménage (part du revenu consacré aux déplacements dans les ménages), ou encore les coûts dus à la congestion routière. Dans un autre ordre d'idée, Lautso (2004) propose un indicateur mesurant la variation du prix des surfaces habitables (\$/habitant).

Coûts et dépenses pour la mobilité urbaine

Coût global (collectif) moyen d'un passager-kilomètre; Coût annuel de la mobilité pour une personne au sein de l'agglomération; Niveau de dépense total par résident pour la mobilité;

Selon les différents acteurs :

Puissances publiques;

Investissements et coûts d'opérations.

Voirie;

Transport collectif;

Stationnement.

Entreprises;

Dépenses en frais et taxes;

Dépenses pour le stationnement et les subventions aux employés.

Ménages.

Dépenses pour la voiture

Carburant;

Stationnement;

Acquisition d'un véhicule;

Assurances, entretien et réparations;

Accidents;

Vignettes et amendes.

Dépenses pour le transport collectif

Déplacements en autobus et en autocar;

Déplacements en taxi;

Déplacements en train.

Les transferts organisés par les gouvernements

Taxes;

Tarifs;

Subventions;

Autres.

Selon le mode de transport :

Automobile;

Transport collectifs;

Transport actifs.

Selon une répartition géopolitique ou par zones :

Centre-ville, couronnes...

Figure 2-8 – Éléments recensés portant sur les coûts et les dépenses de la mobilité urbaine

2.2.5.2. LE DOMAINE ENVIRONNEMENTAL

Le domaine environnemental a largement été investigué, que se soit au niveau de l'élaboration des indicateurs et des mesures des émissions de gaz ou bien encore au

niveau des moyens (technologiques, réglementaires, économiques) à mettre en œuvre pour limiter ces impacts. Depuis la prise de conscience environnementale, il y a plus de 30 ans, de nombreuses préoccupations ont émergé. En transport, les préoccupations les plus courantes sont les émissions de gaz à effet de serre contribuant aux changements climatiques, les émissions de gaz polluants, les nuisances (bruits), la pollution des sols et des eaux, la consommation d'espace et d'énergie ainsi que la dégradation de la biodiversité et des paysages.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Le concept du développement durable revêt aussi une approche globale, un enjeu qui ne se limite pas qu'au niveau local, mais plutôt à toute la planète. Les changements climatiques, dont le réchauffement planétaire, préoccupent de plus en plus. Des effets marquants découlent du réchauffement, comme par exemple, la montée du niveau de la mer (inondations, activités tectoniques et volcaniques plus fréquents, etc.), dégel du pergélisol (bris des infrastructures), désertification accrue (réfugié climatique, perte de terres arables) et autres. Les éléments des transports influençant le réchauffement climatique sont plutôt bien connus et la majorité des ouvrages consultés y font références. Les indicateurs rencontrés (voir Figure 2-9) sont :

- Les émissions unitaires (g/km) en CO², CO, NO_x, Hydrocarbures en particules des différents modes envisagés (Nicolas, Pochet *et al.*, 2001b; 2001a; DfT, 2005; Litman, 2007);
- Émissions de gaz à effet de serre dues aux transports (équivalent CO² pour mille habitants par an) (Lautso, 2004);
- Émissions de gaz à effet de serre dues à l'urbanisme (équivalent CO² pour mille habitants par an) (Lautso, 2004);

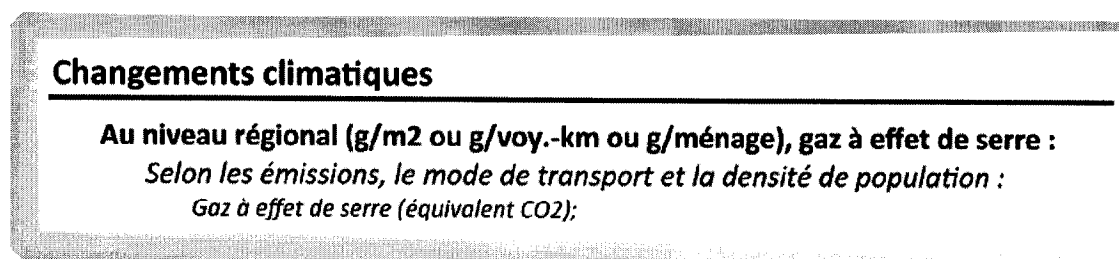


Figure 2-9 – Les éléments recensés portant sur les changements climatiques

Il semble exister plusieurs outils permettant d'estimer les émissions de gaz à effet de serre; le MTQ (2007) utilise par exemple le logiciel Mobile6.

POLLUTION DE L'AIR ET NUISANCES

La pollution de l'air a un impact direct sur la qualité de vie des résidents et sur l'environnement. Un des indicateurs (voir Figure 2-10) faisant état de la situation (Nicolas, Pochet *et al.*, 2001b; 2001a; 2003; Cools, Shepherd *et al.*, 2004; Litman, 2007) est le niveau d'émission des polluants atmosphériques exprimé en g/m² d'hydrocarbures (HC), de dioxyde de carbone (CO²), de monoxyde de carbone (CO), d'oxydes d'azote (NO_x), de bioxyde de soufre (SO²), de plomb et d'Ozone (O³). Il y a aussi des indicateurs sur la quantité de poussières, de pollen et de composés organiques volatiles (Cools, Shepherd *et al.*, 2004; Lautso, 2004). Litman (2007), Cools (2004) et Porlier (2007) répertorient un indicateur sur le nombre de jours de smog et de brouillard fumeux (nombre de jours avec une mauvaise qualité de l'air).

Dans une logique différente, la pollution par le bruit est abordée dans quelques ouvrages (Cools, Shepherd *et al.*, 2004; Litman, 2007). Le bruit peut générer différents problèmes de santé, dont l'insomnie, la dépression et les problèmes d'audition pouvant aller jusqu'à la surdité. Le bruit peut avoir un effet important sur la valeur des propriétés (la désirabilité est moindre pour les résidences près des autoroutes ou d'une

cour de triage ferroviaire). L'évaluation du bruit se fait par la modélisation, par exemple, le modèle utilisé par EKOLA à Prague (Cools, Shepherd *et al.*, 2004).

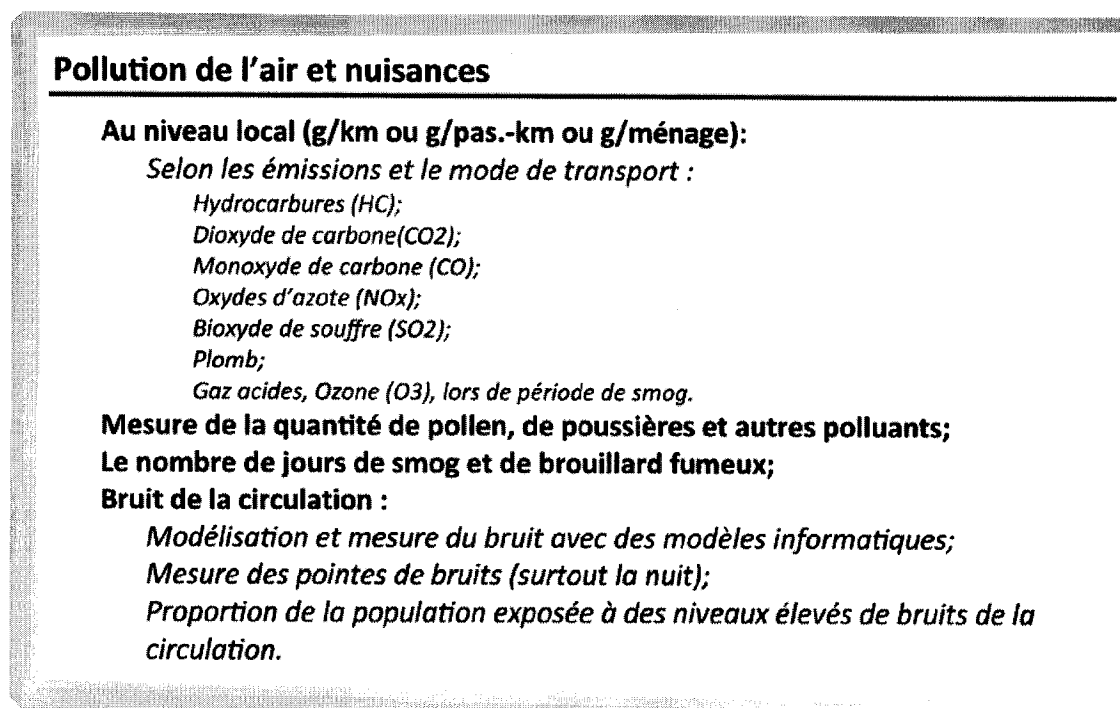


Figure 2-10 – Les éléments recensés portant sur la pollution de l'air et les nuisances

POLLUTION DES SOLS ET DES EAUX

Il y a seulement un ouvrage parmi les ouvrages consultés (Cools, Shepherd *et al.*, 2004) faisant référence à la pollution des sols et des eaux. L'indicateur (voir Figure 2-11) consiste en la mesure de la qualité de l'eau et du sol après un déversement ou des travaux sur la route. Toutefois, plusieurs facteurs peuvent contribuer à la pollution des sols et des eaux, les industries, les terres agricoles, les quartiers résidentiels et autres. Il devient donc, très difficile, de déterminer à quel degré le secteur des transports participe à la pollution.

Pollution des sols et des eaux (de surface et souterraine)

Mesure de la qualité des eaux et du sol après un déversement ou la construction et/ou entretien d'une route.

Figure 2-11 – Les éléments recensés portant sur la pollution des sols et des eaux de surface et souterraine

CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Il est connu que le transport est une activité très énergivore. La source d'énergie la plus consommée est le pétrole. La majorité des ouvrages portent leur attention sur la consommation d'énergie fossile car elle est responsable d'une part importante des gaz à effet de serre (autant pour la production que la consommation). Les indicateurs rencontrés (voir Figure 2-12) sont : la consommation (tonne/1000 hab/an) de matières fossiles par les transports (Nicolas, Pochet *et al.*, 2003; Lautso, 2004; Litman, 2007); la consommation énergétique globale (masse totale) et unitaire (voy.km) (Nicolas & Verry, 2005) et la moyenne de consommation des véhicules (CAFE) (Cools, Shepherd *et al.*, 2004).

Consommation d'énergie

Consommation de matières fossiles (tonne/1000 hab./an ou voy.km);
Consommation d'essence par ménage;
Selon le mode de transport;
Selon la zone de résidence.

Figure 2-12 – Les éléments recensés portant sur la consommation d'énergie

BIODIVERSITÉ & PAYSAGE

Lors du Sommet de la Terre de Rio, l'ensemble des pays ont souligné l'importance de la protection et de la restauration de la biodiversité, considérée comme un élément capital pour un développement durable. La protection de la biodiversité passe, entre autres, par la conservation des niches écologiques (l'habitat des êtres vivants). Pour ce qui est du paysage, celui-ci rejoint la biodiversité en ce qui a trait à la conservation des espaces naturels. Il existe un certains nombres d'indicateurs (voir Figure 2-13) sur ces enjeux, cependant, ils sont plutôt vagues. Lautso (2004) présente un indicateur intéressant, soit la fragmentation de l'espace naturel. Malheureusement, il n'y a pas d'information sur la manière de la quantifier. Pour sa part Cools (2004) répertorie plusieurs indicateurs, comme : le suivi de la quantité et de la qualité de la flore le long des routes et autres; le nombre de km² de zone défrichée; le suivi de la quantité et de la qualité de la faune (grands mammifères) au niveau local (passages aménagés, mesurés avec des caméras infrarouges); le nombre de collisions avec les animaux sur les routes; le nombre de km² de territoire protégé; le taux d'espaces verts dans les agglomérations en fonction du pourcentage de kilomètres de route et finalement le taux d'enfouissement des fils.

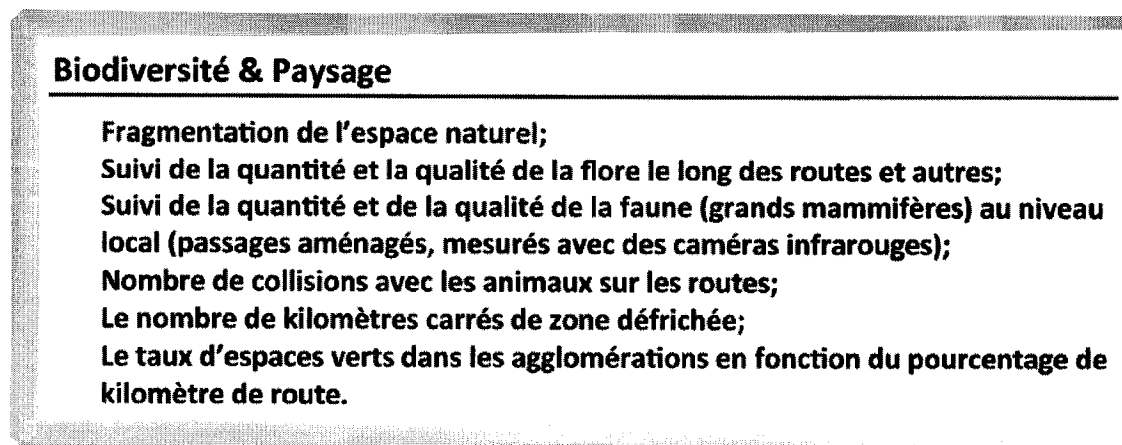


Figure 2-13 – Les éléments recensés portant sur la biodiversité et le paysage

Les enjeux environnementaux ne se retrouvent pas tous dans cette section, tel que la consommation et l'occupation de l'espace, une notion qui sera plutôt explicitée ultérieurement, dans la section portant sur la mobilité urbaine.

2.2.5.3. LE DOMAINE SOCIAL

Le domaine social aborde le développement durable comme une composante indispensable du bien-être des individus et, dans un sens plus large, des êtres vivants. Les enjeux liés à ce domaine sont la santé et la sécurité ainsi que la notion, plutôt vague, d'équité.

SANTÉ & SÉCURITÉ

Lautso (2004), énumère une série d'indicateurs (voir Figure 2-14) pertinents pour l'enjeu de la santé et sécurité : part de la population exposée aux particules émises par les transports; part de la population exposée au dioxyde d'azote émis par les transports; part de la population exposée aux nuisances sonores induites par le trafic et nombres de tués et de blessés dans les accidents de la route (nombre/million hab./an). Dans une perspective semblable, Cools (2004) suggère des indicateurs sur le nombre

d'accidents selon la gravité (mortels, graves, blessés, matériels) par véh.-km parcourus et par population.

Dans un autre cadre, il est intéressant de souligner, comme le fait Webtag¹ (DfT, 2005), l'apport de l'activité physique des modes de transports actifs sur la santé des individus. L'indicateur utilisé par Webtag mesure le nombre de piétons et de cyclistes qui ont une durée de déplacement supérieure à 30 minutes (bénéfice sur la santé important) et inférieure à 30 minutes (bénéfice sur la santé faible). Plus récemment, la contribution des déplacements TC à la santé a été mesurée en considérant les pas nécessaires pour accéder à l'arrêt et au lieu de destination (Morency & Demers, 2007; Morency, Trépanier *et al.*, 2008).

¹ WebTag est un guide, version électronique, sur l'évaluation des politiques en transport mis sur pied par le département des transports du Royaume-Unis.

Santé & sécurité

Ratio de personnes ou d'accidents de la route (personnes ou accidents par million d'habitants ou par véhicules-km parcourus);

Selon la gravité (mortels, graves, blessés, matériels);

Exposition aux polluants atmosphériques (% de la population);

Exposition aux nuisances sonores induites par le trafic (% de la population);

Nombre de personnes se déplaçant à pied ou à vélo;

Pendant plus de 30 minutes par jour;

Pendant moins de 30 minutes par jour;

Pourcentage du temps d'activité quotidien, nécessaire afin de contribuer positivement à la santé, attribuable aux déplacements en TC ;

Figure 2-14 – Les éléments recensés portant sur la santé et la sécurité

ÉQUITÉ

Aujourd'hui l'équité est indissociable du développement durable. Si ce concept est maintenant largement reconnu depuis le dépôt du rapport Brundtland (Nations Unies, 1987), par la Commission des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, sa définition reste floue et les applications concrètes pratiquement inexistantes.

L'équité est utilisée dans différents domaines et sous diverses approches ainsi que dans d'innombrables contextes aussi différents les uns des autres. En fait, l'équité est comme un caméléon, il prend la couleur des éléments sur lesquels il repose. Chapleau (1988) attribue la notion d'équité pour le transport en commun à la redistribution des revenus et des coûts d'exploitation des agences de transport. Dalil Essakali (Essakali, 1999; Essakali & Chapleau, 2000) démontre l'équité sociale quant à la redistribution des bénéfices et des coûts pour l'usage d'un réseau routier urbain. Chapleau et Morency (2004) abordent l'équité en fonction de la consommation faite du réseau routier. Litman (2006), énumère une série d'indicateurs liés aux notions d'accessibilité et de mobilité. Bonnaïfous (2003) se préoccupe de l'accessibilité dans une perspective

d'équité spatiale. Lautso (2004), propose différents éléments à considérer tels que la justice de la distribution des bénéfices économiques, la justice de l'exposition aux particules (pollution), la justice d'exposition aux bruits et la ségrégation. Pour sa part, Nicolas (2001a; 2005), retient comme mesure d'équité en transport un élément de nature plutôt économique, soit la part du revenu annuel du ménage consacrée à la mobilité. Les différentes approches et la relative complexité de l'équité en transport démontrent que cette notion ne peut pas être synthétisée par l'intermédiaire d'un seul indicateur. En fait, l'équité est une notion qui peut s'appliquer à l'ensemble des indicateurs de mobilité durable, qu'ils soient économiques, sociaux ou environnementaux, dans la mesure où ceux-ci sont estimés par segment de population puis comparés entre eux.

NOTION DE JUSTICE DISTRIBUTIVE

Pour mesurer l'un de ces indicateurs, il est nécessaire de définir ce qu'est l'équité. Encore une fois, il semble qu'il n'y a pas consensus sur l'interprétation de cette notion. Généralement, lorsqu'elle est abordée, l'équité évoque les théories de la justice distributive. Ces théories tentent de rationaliser la répartition des ressources (les bénéfices et les coûts) au sein de la société et entre la multitude d'individus qui la compose. Plusieurs théories, principes et concepts existent à ce sujet.

Un article (Lamont & Favor, 2007), de l'encyclopédie en ligne de l'Université de Stanford présente les courants de pensées les plus connus concernant la justice distributive, soit :

- L'égalitarisme strict;
- Le principe de justice fondé sur les ressources;
- Le principe de justice du bien-être social;

- Le principe de justice du mérite;
- Le principe de justice « libertarienne »;
- Le principe de différence.

On peut synthétiser les différents courants sous différents types d'équité en transport. Ce dernier fait référence à la distribution des bénéfices et des coûts du système de transport entre les divers groupes composant la société. Ici, l'efficacité économique et l'allocation optimale des ressources ne suffisent pas à justifier l'équité sociale souhaitée par l'état. En fait, on remarque rapidement que les notions d'équité et d'efficacité sont antagonistes. S'il fallait donner le même niveau de service en TC à tous les résidents de l'agglomération, le réseau de TC perdrait évidemment de son efficacité. Par exemple, offrir le même service de TC à un secteur avec quelques résidences isolées n'est pas une façon efficace d'attribuer les ressources quand un autre secteur, beaucoup plus dense, pourrait en profiter davantage. Essakali (1999) et Litman (2003; 2006) distinguent différents types d'équité en transport, dont :

- **L'équité horizontale** (autres appellations : « fairness », égalitarisme) valorise l'égalité entre les individus et les groupes considérés comme ayant les mêmes aptitudes. C'est-à-dire que les individus ou les groupes ayant les mêmes aptitudes devraient avoir une part égale des ressources, payer les mêmes coûts ou en d'autres mots avoir droit aux mêmes traitements.
- **L'équité verticale** motivée par le revenu et la classe sociale (autres appellations: justice sociale, justice environnementale, inclusion sociale) correspond à une redistribution favorisant les individus ou les groupes désavantagés sur le plan économique et social. On peut faire la distinction entre privilégier adéquatement (progressif) et aveuglément (régressif) les groupes ou les individus désavantagés. Ce type d'équité permet ainsi de diminuer les « coûts » (pollution, risque

d'accident, coûts financiers, etc.) pour les individus subissant des iniquités d'ordre économique et social.

- **L'équité verticale** motivée par les besoins de mobilité et en fonction de l'ensemble des aptitudes des individus et des groupes préconise un système de transport dit de design universel (aussi nommé design accessible ou inclusif). Dans cette perspective le système satisfait les besoins des personnes désavantagées et par le fait même les autres personnes.

Ces différents types d'équités sont en conflit. Il faut retenir que dans la perspective de l'équité horizontale, les utilisateurs sont les seuls à devoir payer pour les infrastructures et les services. Inversement, le principe de l'équité verticale soutient qu'il est nécessaire de subventionner certains groupes et personnes désavantagés. Il apparaît évident que la portée d'une telle notion est floue laissant place à l'interprétation et à la subjectivité. S'il existe plusieurs applications possibles de l'équité, il en va de même pour les différents groupes d'individus jugés désavantagés.

LES CATÉGORIES D'INDIVIDUS

Déterminer les groupes d'individus susceptibles d'être qualifiés de désavantagés peut s'avérer complexe. Par exemple, certains diront que les automobilistes sont avantagés par rapport aux usagers du transport en commun. Le prétexte est que les automobilistes sont favorisés car ils ont le loisir de posséder une voiture. Est-ce parce que le revenu moyen des automobilistes est vraiment plus élevé? Considérer ce seul point semble peu approprié car certains individus sont captifs de l'automobile indépendamment du revenu. Les captifs de l'automobile dépendent de la voiture comme moyen de transport pour une ou plusieurs raisons par exemple : résident d'un endroit isolé, employé d'un travail nécessitant une voiture, responsable d'un ou

plusieurs adultes ou enfants malades, etc. Il apparaît, dans cette conjoncture, que plusieurs facteurs peuvent altérer le niveau de mobilité et d'accessibilité de certains groupes d'individus.

Pour évaluer et cerner les individus désavantagés, il est primordial d'identifier les facteurs contribuant à réduire la mobilité et l'accessibilité. Litman (2006) brosse un portrait des facteurs susceptibles de caractériser les individus désavantagés quant à la mobilité et à l'accessibilité :

- Faibles revenus;
- Pas de permis de conduire / Pas d'accès à une voiture;
- Handicap physique ou mental;
- Communication difficile (langue différente);
- Isolation de la résidence ou de l'emploi (captif de la voiture);
- Responsable d'un ou plusieurs adultes ou enfants malades;
- Obligations (visites médicales fréquentes, etc.).

Les facteurs touchent plusieurs dimensions et peuvent fortement contribuer à la réduction de la mobilité et de l'accessibilité. Les individus ou les groupes d'individus sont d'autant plus désavantagés s'ils sont définis par plus d'un facteur. Les effets « redistributifs » des réseaux de transport pour les différents groupes d'individus sont décisifs car ils peuvent contribuer à la précarité des individus ou inversement, contribuer à l'amélioration des opportunités de ces derniers (accessibilité à l'emploi et aux services, qualité de l'environnement, etc.).

MÉTHODE DE MESURE

Certains auteurs (Lautso, 2004; Litman, 2006) postulent que l'indice de Gini pourrait être transposé au domaine des transports afin d'évaluer l'équité. Cette mesure de

dispersion statistique est principalement utilisée afin de mesurer les inégalités entre différentes unités socioéconomiques (famille, ménage, individus) quant à la distribution des revenus dans la société (Gini, 1921). La Figure 2-15 montre que l'indice de Gini correspond au pourcentage de l'aire se situant entre la bissectrice, dite distribution équitable, et la courbe de Lorenz, en fonction de l'ensemble de l'aire sous la bissectrice :

$$G = \frac{A}{(A + B)}.$$

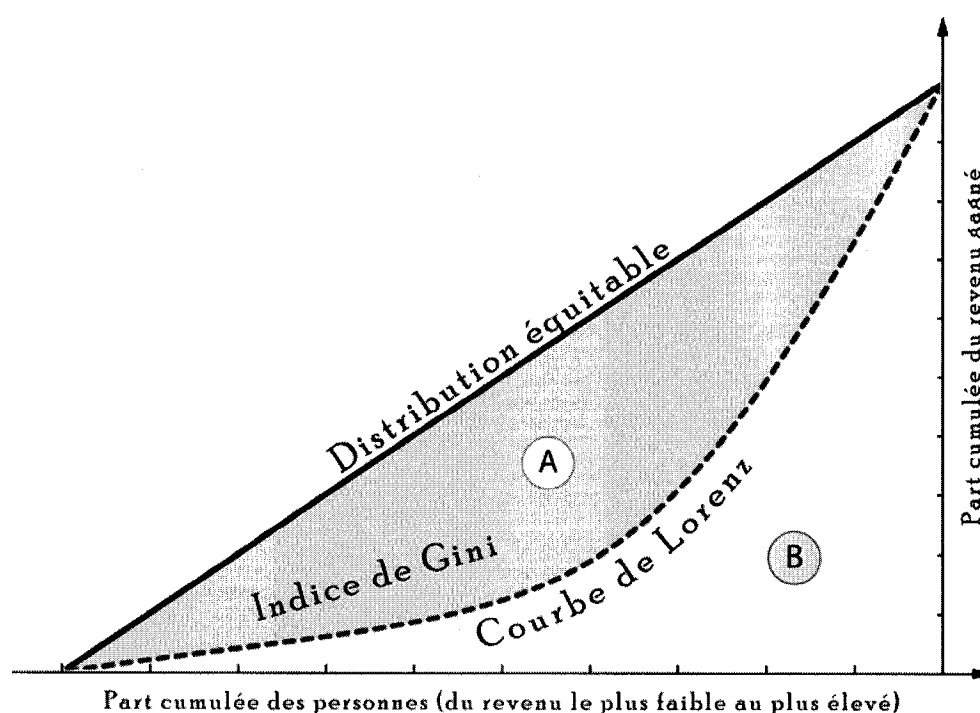


Figure 2-15 – Représentation du principe de l'indice de Gini appliqué à la mesure des inégalités dans la distribution des revenus dans la société (adapté de Mussard & Terraza, 2007)

L'utilisation de l'indice de Gini suppose qu'une distribution équitable en est une basée sur l'égalité parfaite entre les revenus des individus (la part cumulée des revenus est

toujours équivalente à la part cumulée des personnes). La principale difficulté rencontrée avec l'indice de Gini est qu'il existe, pour une valeur donnée de l'indice, une infinité de possibilités quant à la distribution des revenus. Cette application suppose que des groupes différents, avec des valeurs (revenus) bien différentes, peuvent posséder une distribution intragroupe identique. Alors, afin de mesurer adéquatement les inégalités, plusieurs auteurs (Dagum, 1997; Mussard, Seyte *et al.*, 2003; 2004; Mussard, 2006; Mussard, Koubi *et al.*, 2006; Mussard, Seyte *et al.*, 2006; Mussard & Terraza, 2007) ont amélioré l'indice de Gini afin que celui-ci puisse refléter les inégalités intergroupes. À priori, la transposition au domaine des transports et à la mobilité durable du principe de décomposition de l'indice de Gini a semblé offrir une option intéressante pour la mesure des inégalités dans une population donnée.

En résumé, l'équité est une notion floue qui, selon les convictions et les croyances, arbore une justice distributive différente. Peu importe comment l'équité est définie et combien juste elle paraît, il n'en reste pas moins qu'il y a une multitude de phénomènes possibles à évaluer. À cet effet, les travaux de Mussard et ses collaborateurs semblent correspondre aux besoins quant à l'évaluation de l'équité en transport dans une perspective de durabilité.

2.2.5.4. MOBILITÉ URBAINE (APPROCHE TRANSPORT)

Très peu des ouvrages consultés ont abordé directement le domaine de la mobilité urbaine comme pilier de la mobilité durable et ceux qui l'ont fait (Nicolas, Pochet *et al.*, 2002; 2003; Nicolas & Verry, 2005) le traite de façon sommaire. L'approche préconisée ici, en est une d'analyse des transports, c'est-à-dire qui se caractérise en deux volets : le réseau et la demande. Le premier volet est le réseau de transport caractérisé par l'offre en infrastructure et en service de transport ainsi que l'accessibilité. Le deuxième

volet est la demande en transport caractérisée principalement par les déplacements faits par les différents groupes d'individus sur le territoire.

RÉSEAU, OFFRE ET ACCESSIBILITÉ

ESPACE CONSOMMÉ PAR LE SYSTÈME DE TRANSPORT

Dans une optique de mobilité urbaine, les indicateurs (voir Figure 2-16), tels que l'espace consommé par le système de transport (Nicolas, Pochet *et al.*, 2001b; 2001a) et la superficie, par ménage ou par personne, dédiée aux infrastructures de transport (Nicolas, Pochet *et al.*, 2001b; 2001a; Litman, 2007), permettent d'apprécier, en partie, l'étendu du réseau, l'offre en transport ainsi que l'accessibilité au territoire.

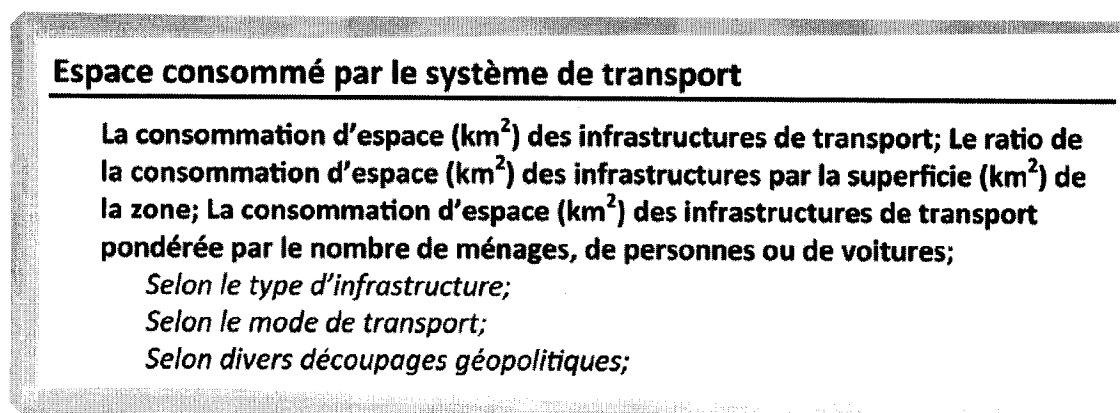


Figure 2-16 – Les éléments recensés portant sur l'espace consommé par le système de transport

Toutefois, dans une optique de mobilité durable, ces indicateurs permettent, indirectement, d'aborder des préoccupations telles l'étalement urbain et les disparités entre le centre et la périphérie de l'agglomération. Par exemple, la Figure 2-17 dénote, pour l'agglomération de Lyon, les disparités quant aux nombres de mètres carrés de voirie par personne, où le centre (22 m²voirie/pers) a une part près de 6 fois moins importante que la deuxième couronne (142 m²voirie/pers).

	<i>Centre (Lyon-Villeurbanne)</i>	<i>1^{ère} cour.</i>	<i>2^{ème} cour.</i>	<i>Agglo de Lyon (EM95)</i>
<i>Surface (km²)</i>	63	114	925	1 102
<i>Population concernée</i>	557 743	314 579	369 615	1 241 936
<i>Emprise voirie (km²)</i>	12,4	15,9	52,3	80,6
<i>Taux d'occupation de la zone par la voirie</i>	19,7 %	13,9 %	5,6 %	7,3 %
<i>m² voirie/pers</i>	22	51	142	65

Source : LET, à partir des bases GéoRoute® et BD Carto® de l'IGN

Figure 2-17 – Espace consacré aux déplacements suivant les zones de l'agglomération lyonnaise (Nicolas, Pochet *et al.*, 2001a)

D'autres préoccupations peuvent s'exprimer à l'aide de ces indicateurs, dont, la fragmentation du territoire (effets de coupure) qui peut affecter l'accessibilité et engendrer la dévalorisation du territoire. De plus, dans une perspective d'efficacité du système, il est toujours envisageable de comparer les modes de transport quant à leur capacité à déplacer les gens par rapport à leur consommation d'espace respective.

ACCÈS AU TERRITOIRE

Les indicateurs (voir Figure 2-18) suivants : le nombre moyen de services de base accessibles à distance de marche (Litman, 2007); l'accessibilité au centre ville (minutes/voyages) (Lautso, 2004); l'accessibilité aux espaces verts (minutes/voyages) (Lautso, 2004); l'accessibilité économique (Nicolas & Verry, 2005; Litman, 2007); le nombre d'opportunités d'emplois et de services commerciaux accessibles dans un temps inférieur à 30 minutes (Litman, 2007); le nombre moyen de services de base accessibles à distance de marche (Litman, 2007) et l'accessibilité aux services (minutes/voyages) (Lautso, 2004) reflètent l'accessibilité au territoire. Selon Litman, l'accessibilité se définit comme étant la capacité d'atteindre divers services, produits de consommation ainsi que, globalement, toute destination sur le territoire.

Les indicateurs de mobilité durable pouvant caractériser l'accessibilité mesurent l'amélioration de l'accessibilité aux transports alternatifs à la voiture solo (station de métro et arrêts de bus plus accessibles), l'amélioration de l'accessibilité aux différents services pour les gens moins fortunés (Litman, 2003; 2006; 2007), l'amélioration des opportunités d'emploi pour les gens désavantagés (Litman, 2003), etc. Sous un autre aspect, l'accessibilité peut se caractériser aussi par le niveau de service (minutes/voyages) des transports publics (Lautso, 2004).

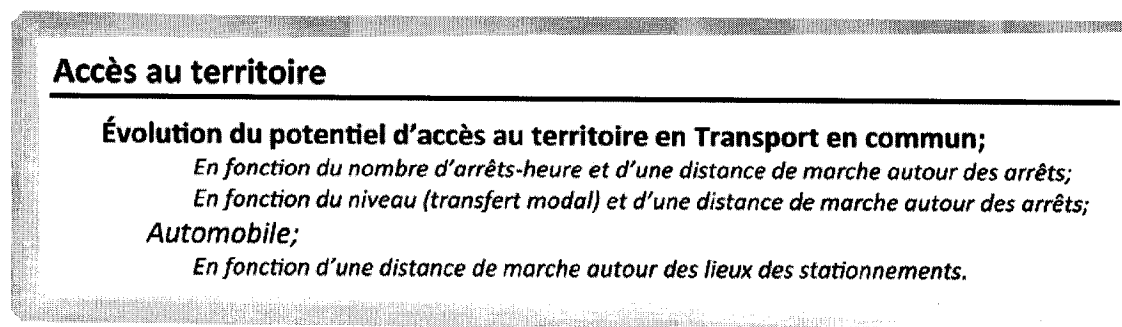


Figure 2-18 – Les éléments recensés portant sur l'accès au territoire

L'évaluation de l'accessibilité au territoire est plutôt difficile à mesurer car il y a plusieurs facteurs pouvant l'influencer. L'accessibilité est généralement évaluée selon la distance, le temps, le coût, le confort, le risque, le nombre de mode disponible, la densité d'emplois et de résidences, le réseau (connectivité) et autres.

CONSOMMATION, DEMANDE ET COMPORTEMENT

ESPACE CONSOMMÉ PAR LES USAGERS DU RÉSEAU

Quelques indicateurs (voir Figure 2-19) amènent des explications sur la consommation de l'espace, soit : la consommation de l'espace public des déplacements et des stationnements (Nicolas, Pochet *et al.*, 2001b; 2001a; 2003); la consommation d'espace

unitaire selon les modes, au repos (m^2) et en circulation ($m^2.h$) (Nicolas, Pochet *et al.*, 2001b; 2001a).

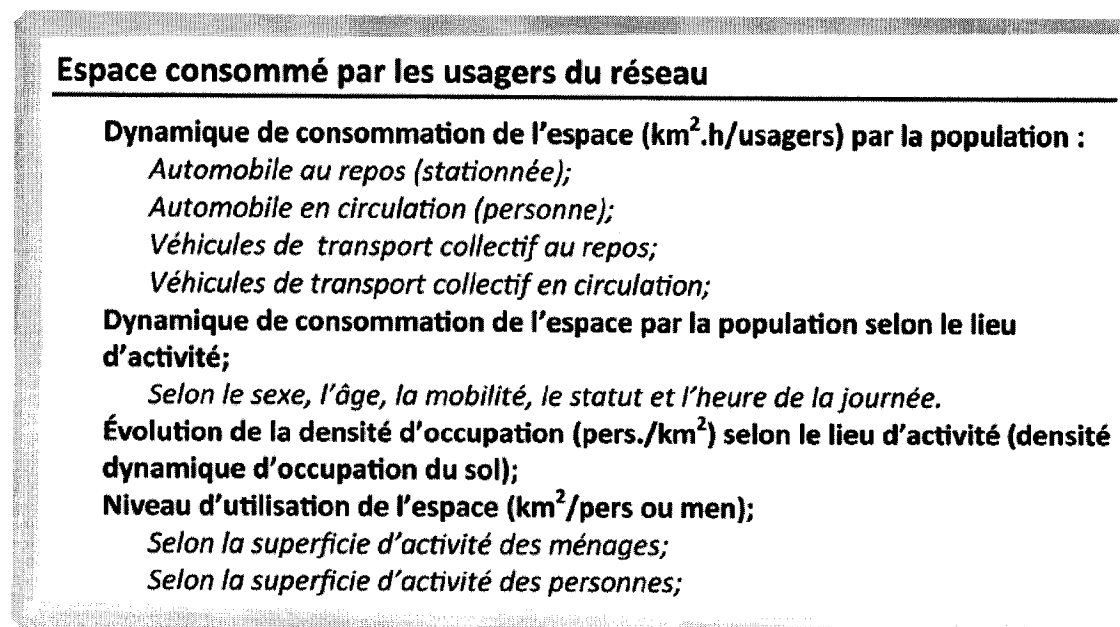


Figure 2-19 – Les éléments recensés portant sur l'espace consommé par les usagers du réseau

NIVEAU D'UTILISATION ET COMPORTEMENT

Les indicateurs (voir Figure 2-20) rencontrés reflétant le niveau d'utilisation du réseau sont : le temps total passé dans les transports (heures/habitant/année) (Lautso, 2004); le temps moyen de déplacement de « porte-à-porte » (Nicolas, Pochet *et al.*, 2002; Litman, 2007); le nombre de kilomètres parcourus par jour et par personne selon le mode de transport (Nicolas, Pochet *et al.*, 2002); le nombre moyen de déplacements par personne (relation distance-densité-déplacements) (Nicolas, Pochet *et al.*, 2002) et la vitesse (Nicolas, Pochet *et al.*, 2002; Litman, 2007).

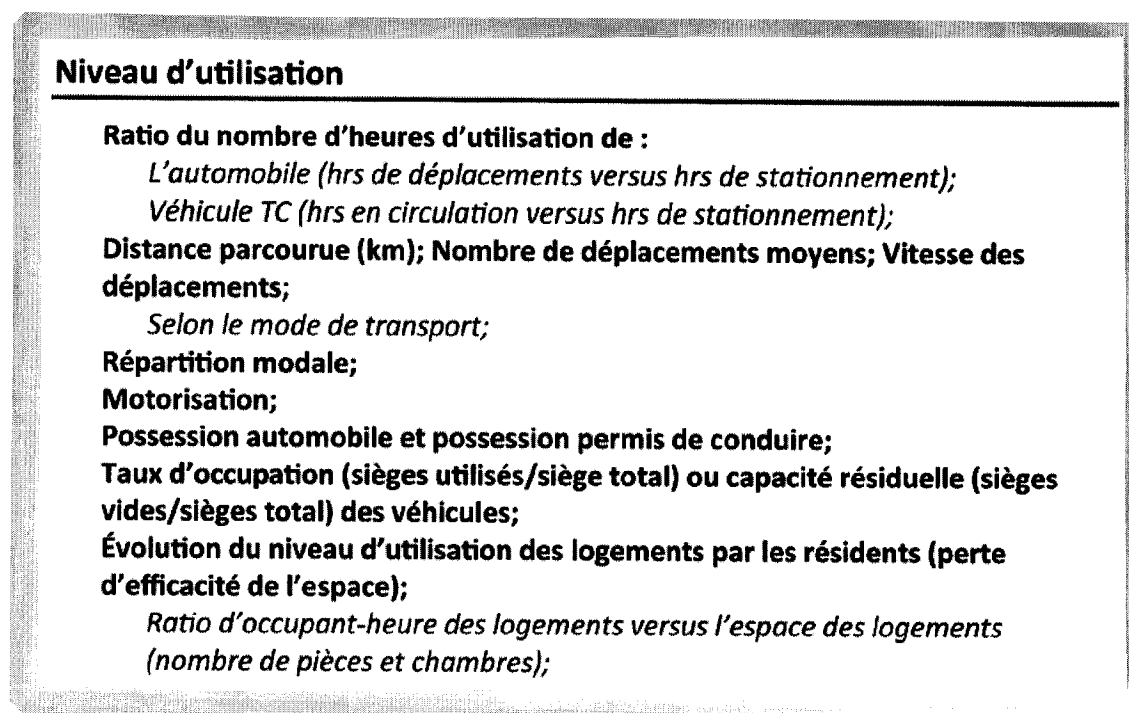


Figure 2-20 – Les éléments recensés portant sur le niveau d'utilisation

D'autres indicateurs régulièrement rencontrés sont pertinents, tels la répartition modale des déplacements, le niveau de motorisation et de possession automobile des ménages. Il y a aussi le taux d'occupation ou la capacité résiduelle des véhicules qui semblent être des indicateurs intéressants pour mesurer le niveau d'utilisation des différents modes de transport.

2.3. CONCLUSION

Il est clair que l'intérêt pour la compréhension et l'application du concept de développement durable dans le domaine des transports s'accroît. La mobilité durable est née de cet intérêt. Autant, les notions de mobilité urbaine et de durabilité peuvent être contradictoires, autant elles suscitent un engouement qui pousse les gens à repenser leur façon de voir les choses. Les nombreux concepts, principes, enjeux, préoccupations, systèmes d'indicateurs et indicateurs décrits dans ce chapitre démontrent bien cet engouement et l'importance, de plus en plus vive, de synthétiser et de clarifier ce qu'est la mobilité durable.

Finalement, il est aussi question des caractéristiques spatio-temporelles de la mobilité. Nous savons qu'il est inutile de perpétuer pour des générations futures une planification des transports qui se dit durable si des carences importantes existent au quotidien. Un effort devra être réalisé afin de considérer, à différents niveaux temporels, l'évolution et la dynamique des enjeux et des préoccupations lors de la construction des indicateurs de mobilité durable.

CHAPITRE 3 : SYSTÈME D'INFORMATION ET MÉTHODOLOGIE

Plusieurs éléments décrits précédemment ont contribué à la compréhension du concept de la mobilité durable. Grâce à ces nouvelles informations, il est possible de cibler quelques indicateurs pertinents à la caractérisation de la mobilité durable.

Afin de tenir compte des contraintes spatio-temporelles abordées auparavant, il sera développé, tant que faire se peut, un indicateur statique et dynamique pour chaque indicateur retenu. Les efforts qui permettront de rendre dynamique les indicateurs seront faits essentiellement en tenant compte des migrations quotidiennes.

La construction des indicateurs est rendue possible grâce aux bases de données provenant des enquêtes OD et des recensements canadiens. Le développement de certains indicateurs profite de la bonification de l'enquête OD avec certaines données du recensement canadien; cette méthode est explicitée dans ce chapitre.

3.1. LES DONNÉES

L'enquête OD et les recensements canadiens sont les principales sources de données utilisées dans ce mémoire. Elles permettront de mesurer plusieurs indicateurs de mobilité durable pour la grande région métropolitaine de Montréal.

3.1.1. LE RECENSEMENT CANADIEN

Il s'effectue à tous les 5 ans, au Canada, un recensement de l'ensemble de la population. Le dernier recensement s'est effectué en 2006. Le recensement de Statistique Canada traite de quatre univers : la population, les familles, les ménages et les unités de logement. Il est donc possible de constituer un portrait

sociodémographique et socioéconomique précis pour ces univers et ceci à différents niveaux de découpage spatial (Aire de diffusion, Secteur de recensement, Subdivision de recensement, Agglomération de recensement, Région métropolitaine de recensement, Division de recensement).

Plusieurs variables du recensement peuvent s'avérer intéressantes dans le développement d'indicateurs de mobilité durable. Des variables telles que le revenu des ménages, le niveau de scolarité des individus, le secteur d'emploi et plusieurs autres sont une source non-négligeable d'informations qui permettront d'améliorer la compréhension des comportements en transport et de la mobilité durable dans la grande région de Montréal. Les recensements consultés pour le mémoire sont ceux de 1991, 1996, 2001 et 2006.

3.1.2. L'ENQUÊTE ORIGINE-DESTINATION

Il se tient approximativement aux 5 ans et ce depuis 1970, dans la région métropolitaine de Montréal, une vaste enquête sur la mobilité des personnes. La dernière enquête OD (AMT, 2003), effectuée en 2003, compte près de 170 000 répondants (personnes) pour un territoire de plus de 3,6 millions d'habitants (échantillon de 5%). Au fil des ans, le processus d'enquête s'est raffiné et le territoire enquêté s'est agrandi jusqu'à devenir la véritable pierre angulaire pour toute planification en transport dans la région métropolitaine de Montréal.

La disponibilité des données, complètement désagrégées, de l'enquête en fait l'outil le plus fin quant à l'analyse de phénomènes et quant à la planification en transport. La base de données de l'enquête est dite orientée objet (Chapleau & Trépanier, 1997; Trépanier, 1999). Elle se divise en trois univers distincts : le ménage, la personne et le déplacement (voir Figure 3-1). Grâce aux différentes variables touchant l'univers des

déplacements, il est possible de constituer un portrait de la mobilité pour la grande région de Montréal. Les variables concernant les ménages et les personnes, pour leur part, permettent de comprendre les comportements de nature socioéconomique et sociodémographique.

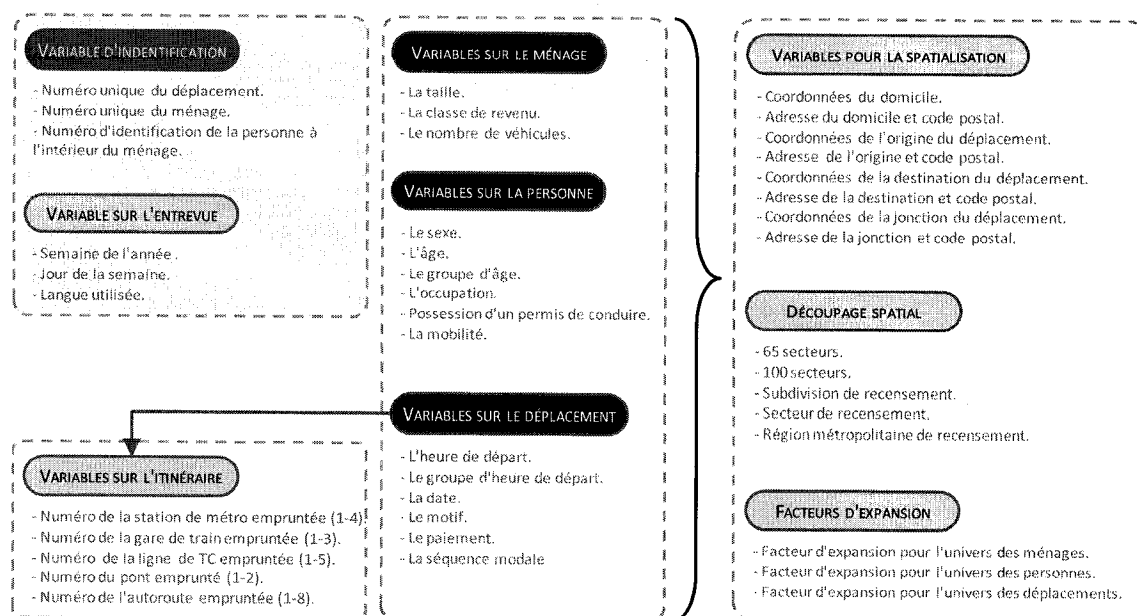


Figure 3-1 – Aperçu des différentes variables disponibles dans la base de données de l'enquête origine-destination

L'enquête OD ne rejoint qu'un échantillon de la population. À l'aide d'une série de variables du recensement canadien, des facteurs d'expansions sont élaborés. Ces poids ou facteurs d'expansion, attribués à chaque enregistrement en fonction de l'objet d'étude (ménage, personne, déplacement) permettent de représenter non seulement l'échantillon mais la population entière.

Les différents indicateurs et mesures abordés dans ce mémoire se basent en grande partie sur les données de l'enquête OD de 2003.

3.1.3. LIMITES INHÉRENTES AUX DONNÉES

L'utilisation des données issues de l'enquête OD permet de connaître la mobilité des ménages et des personnes résidant dans la grande région de Montréal. Toutefois, il est nécessaire de présenter les limites d'une telle source de données qui n'a pas été spécifiquement construite pour répondre à des préoccupations de mobilité durable.

Les enquêtes OD ainsi que les autres données utilisées pour ce mémoire ne considèrent pas les déplacements des ménages et des personnes résidant à l'extérieur de la grande région de Montréal, les déplacements en transit et finalement, les déplacements des marchandises. Les transports aériens et maritimes ne sont pas présentés car ils figurent davantage dans un contexte national et international. La priorité est accordée au secteur routier et au TC compte tenu de l'influence de ces derniers sur l'environnement et la santé publique.

Un autre aspect qui a trait à l'environnement mais qui n'est pas pris en compte est le traitement des matières premières et des matières énergétiques nécessaires pour la construction des véhicules et des infrastructures de transport. Les coûts d'entretien et les impacts sur l'environnement ne sont pas plus traités. Cette recherche aborde essentiellement les problèmes de durabilité générés par les déplacements eux-mêmes ainsi que les questions d'accessibilité (durée des déplacements, accès aux différents lieux, etc.).

Étant donné les objectifs métropolitains de la recherche, les indicateurs sont élaborés à l'échelle de l'agglomération parfois pour l'ensemble des secteurs, parfois pour un sous-ensemble (décrit à la section suivante). La préoccupation croissante de développer des transports urbains viables est palpable et les outils nécessaires pour y parvenir doivent donner un portrait aussi juste que possible des grands enjeux. Il est donc nécessaire

d'exposer des indicateurs et des mesures à portée urbaine (possiblement applicables à différentes agglomérations) car ce sont les villes qui feront face aux plus grands défis.

3.2. LE TERRITOIRE D'ÉTUDE

Dans un contexte d'analyse et de caractérisation de la mobilité durable, il est préférable d'utiliser une approche métropolitaine, c'est-à-dire de considérer le territoire d'influence de la ville centre. Ce territoire est bien défini par l'enquête OD et constitue le territoire retenu pour le présent travail (enquête OD de 2003). Le découpage géopolitique examiné est le secteur municipal (SM) qui est formé soit par une municipalité, un arrondissement ou bien par un quartier (comme les différents quartiers à Laval). Le territoire est constitué de la région métropolitaine de recensement (RMR) de Montréal, comprenant 862 secteurs de recensement (SR) et de la RMR de Saint-Jean-sur-Richelieu, comprenant 35 SR, et de quelques subdivisions de recensement (SDR) en périphérie de l'agglomération. Parmi les 102 SM (voir Figure 3-2), seulement quelques uns ont été ciblés pour représenter, pour certains indicateurs, le portrait de la mobilité durable dans la grande région de Montréal.

Dans un effort pour sélectionner des secteurs assez représentatifs de la diversité des comportements, des phénomènes et des caractéristiques socioéconomiques, différents critères ont été considérés. Les secteurs ont été choisis en fonction :

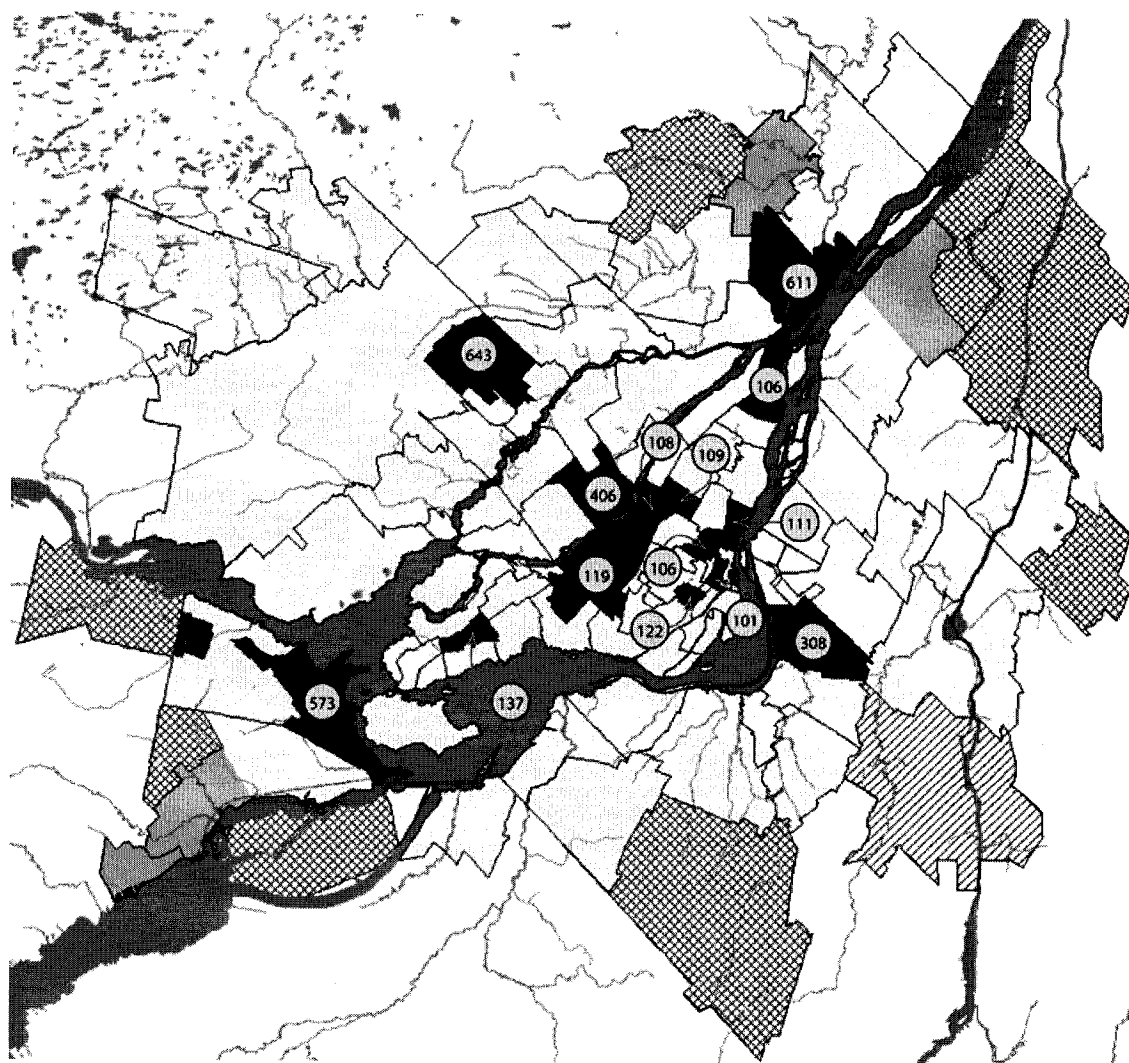
- de la localisation (nord, sud, est, ouest);
- de la forme urbaine (densité, type de développement);
- du revenu des ménages;
- du niveau de scolarité;
- de la langue parlée à la maison;

- du niveau d'utilisation des différents modes de transport;
- des différents motifs de déplacement;
- de la motorisation.

Un dernier point à été considéré, les données des SR doivent être disponibles pour les quatre recensements canadiens traités dans ce travail, soit, 1991, 1996, 2001 et 2006.

Les différents secteurs ciblés (avec le numéro attribué dans l'enquête OD) pour la mesure de certains indicateurs de mobilité durable sont :

- Montréal : Centre-ville (101);
- Montréal : Plateau Mont-Royal (106);
- Montréal : Ahuntsic (108);
- Montréal : Saint-Michel (109);
- Montréal : Sud-Est (111);
- Montréal : Pointe-aux-Trembles (113);
- Montréal : Saint-Laurent (119);
- Montréal : Westmount (122);
- Montréal : Kirkland (137);
- Longueuil : Brossard (308);
- Laval : Pont-Viau, Laval-des-Rapides (406);
- Vaudreuil-Dorion, Vaudreuil-sur-le-lac, L'Ile-Cadieux (573);
- Repentigny, Charlemagne (611);
- Blainville (643).



Légende

	Secteurs cibles		RMR de Montréal, 2006
	RMR de Montréal, 1996		RMR de St-Jean-sur-Richelieu
	RMR de Montréal, 2001		SDR ajoutés pour former le territoire de l'enquête OD 2003

Figure 3-2 – Le territoire d'étude et les secteurs cibles

Pour le chapitre portant sur la conceptualisation et l'application des indicateurs statiques et dynamiques de la mobilité durable, différents secteurs seront ciblés pour la construction d'exemples. Certains des indicateurs seront appliqués au niveau de l'ensemble de l'agglomération, d'autres le seront au niveau des secteurs échantillonnés ci-haut ou ils seront simplement appliqués à un secteur et finalement, pour certains, seul le concept est présenté.

3.3. FUSION DES BASES DE DONNÉES

L'application d'indicateurs de mobilité durable fait appel à de multiples disciplines nécessitant des données de nature sociodémographique, socioéconomique et spatiale. L'enquête OD permet de caractériser la mobilité à un niveau très fin tandis que le recensement canadien, pour sa part, contient des informations sociodémographiques et socioéconomiques pertinentes pour la compréhension des comportements en transport. La bonification de l'enquête OD avec les données du recensement canadien (Morency, 2004) permettra d'ajouter certaines variables, telles que le revenu des ménages.

3.3.1. VALIDATION DU VECTEUR DE TRANSMISSION

Le caractère désagrégé de l'enquête OD nous permet de créer une relation spatiale avec le recensement canadien dont les données sont finement agrégées. Pour ce faire, chaque enregistrement de l'enquête se voit attribuer une aire de diffusion (AD) et un SR d'appartenance. Des analyses par secteur permettent ensuite de définir les données (démographiques, de mobilité et socioéconomiques) qui sont considérées dans la

fusion. L'univers commun des deux bases de données est le ménage, celui-ci sera, en quelque sorte, le vecteur de transmission des données.

Une série de tests de validité permettent de cibler un mode de transmission adéquat des données du recensement canadien vers l'enquête OD. Les tests effectués, dans un premier temps, déterminent quelle répartition spatiale est valable entre les SR ou les AD. Dans un deuxième temps, le niveau de désagrégation de l'information est testé, soit avec un découpage prenant en compte le secteur du domicile, la classe de revenu et/ou la taille du ménage.

Une analyse préliminaire des données disponibles au niveau des SR et des AD dans le recensement canadien dénote une disparité dans le niveau de précision des données. Au niveau des SR, il est possible de connaître le nombre de ménages pour chaque secteur selon la taille et la classe de revenu des ménages. À l'inverse, les données des AD offrent seulement, pour chaque secteur, le revenu moyen des ménages. De plus, les données de l'enquête OD regroupées par AD semblent trop peu nombreuses pour effectuer une validation. Le découpage spatial en SR sera donc utilisé pour la fusion des données du recensement canadien et de l'enquête OD.

Pour la validation de la méthode de fusion des données, seuls les SR dans les SM ciblés (14 secteurs) ainsi que les SR des SM de Saint-Jérôme et de Richelieu/Saint-Mathias-sur-Richelieu sont considérés. L'ensemble des 16 SM compte 241 SR, 12 853 ménages enquêtés et 364 375 ménages recensés (voir Tableau 3-1). Le taux de réponse, dans l'enquête OD, à la question portant sur le revenu du ménage se situe à près de 79% pour les 12 853 ménages enquêtés (dans les 16 SM).

Tableau 3-1 – Répartition des ménages enquêtés (enquête OD 2003 et Recensement canadien 2001, 16 SM) selon leur taille et leur revenu

	Recensement canadien population totale			Enquête Origine-Destination échantillon			
	Ménages à 1 personne	Ménages à 2 personnes et plus	Total	Ménages à 1 personne	Ménages à 2 personnes et plus	Total	
Moins de 20 000 \$	16.5%	8.0%	24.4%	9.4%	7.0%	16.5%	79%
20 000 \$ à 39 999 \$	10.0%	15.6%	25.6%	8.2%	14.4%	22.6%	
40 000 \$ à 59 999 \$	4.6%	14.6%	19.2%	4.0%	12.8%	16.8%	
60 000 \$ à 79 999 \$	1.6%	10.9%	12.5%	1.1%	9.0%	10.1%	
80 000 \$ à 99 999 \$	0.5%	7.1%	7.6%	0.4%	5.3%	5.7%	
100 000\$ et plus	0.5%	10.1%	10.6%	0.6%	7.0%	7.6%	
refus	0.0%	0.0%	0.0%	4.5%	10.6%	15.0%	21%
Ne sait pas	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	4.3%	5.6%	
Total	33.6%	66.4%	100%	29.5%	70.5%	100%	

Parmi l'ensemble des SR (voir Figure 3-3), deux de ceux-ci n'ont aucune donnée, ni pour l'enquête, ni pour le recensement canadien et quatre autres SR du recensement canadien n'ont aucune donnée. Or, afin de simplifier l'exemple de fusion, seuls les SR avec des données sont considérés, soit un nombre de 235.

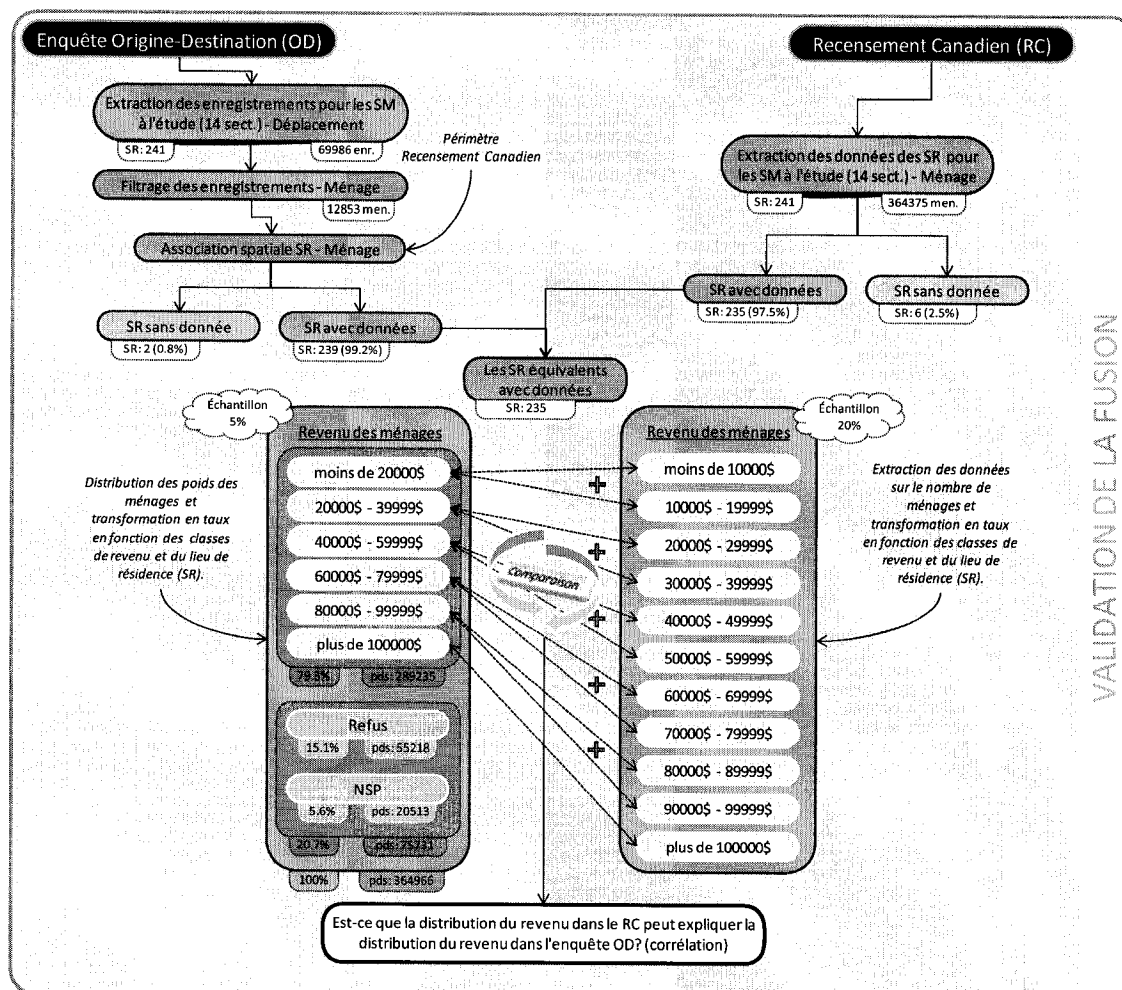
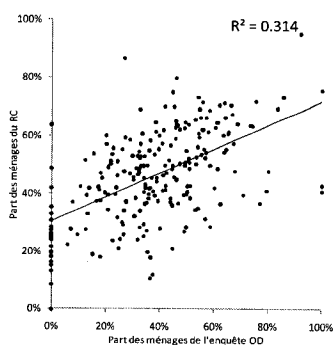


Figure 3-3 – Diagramme de la méthode appliquée pour la validation de la fusion des données, sur le revenu, du recensement canadien à l'enquête OD

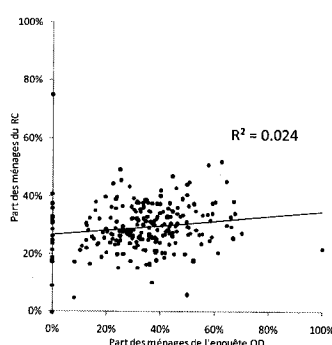
Afin de valider la fusion des données, il est possible de comparer, pour chaque secteur, le taux de ménage pour chaque classe de revenu déclaré dans l'enquête OD à celui déclaré dans le recensement canadien (voir Figure 3-4, Figure 3-5 et Figure 3-6). Dans un premier temps, le coefficient de détermination (R^2) des différentes distributions qui tiennent compte de la taille des ménages ainsi que de la classe de revenu est examiné (Figure 3-4 et Figure 3-5).

Part des ménages d'une seule personne de l'enquête OD 2003 versus le recensement canadien 2001, pour chaque SR, selon la classe de revenu

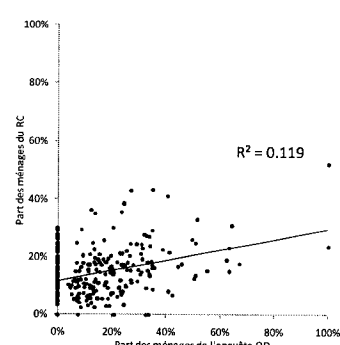
Part des ménages pour chaque SR, selon un revenu de classe 1



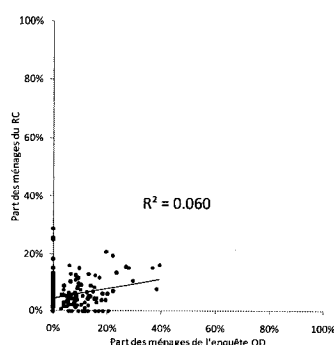
Part des ménages pour chaque SR, selon un revenu de classe 2



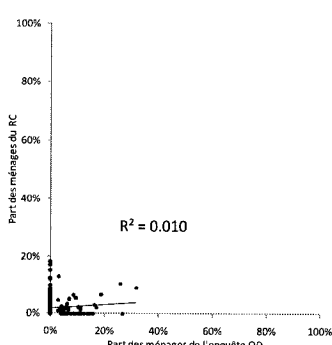
Part des ménages pour chaque SR, selon un revenu de classe 3



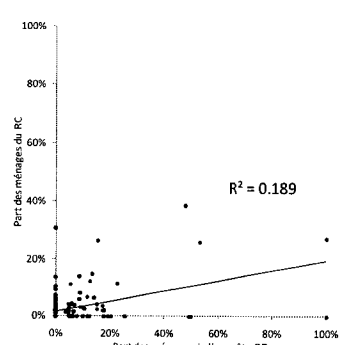
Part des ménages pour chaque SR, selon un revenu de classe 4



Part des ménages pour chaque SR, selon un revenu de classe 5



Part des ménages pour chaque SR, selon un revenu de classe 6



Légende

Abcisse : Part des ménages de l'enquête OD, pour chaque SR, selon la classe de revenu.

Ordonnée : Part des ménages du Recensement, pour chaque SR, selon la classe de revenu

Revenu de classe 1 : Moins de 20 000 \$

Revenu de classe 2 : 20 000 \$ à 39 999 \$

Revenu de classe 3 : 40 000 \$ à 59 999 \$

Revenu de classe 4 : 60 000 \$ à 79 999 \$

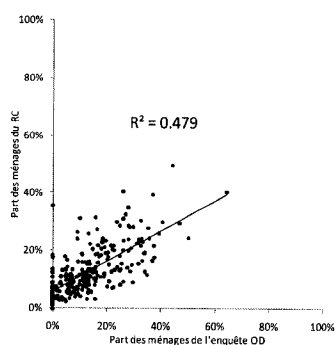
Revenu de classe 5 : 80 000 \$ à 99 999 \$

Revenu de classe 6 : 100 000 \$ et plus

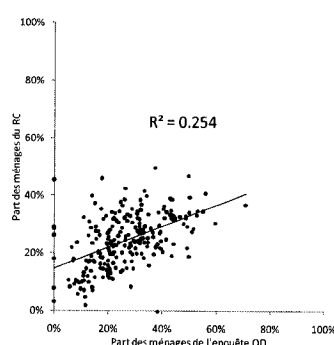
Figure 3-4 – Part des ménages d'une seule personne de l'enquête OD 2003 versus le recensement canadien 2001, pour chaque SR, selon la classe de revenu

Part des ménages de 2 personnes et plus de l'enquête OD 2003 versus le recensement canadien 2001, pour chaque SR, selon leur classe de revenu

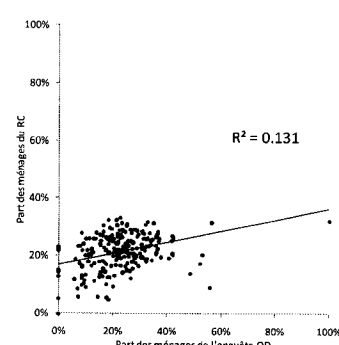
Part des ménages pour chaque SR, selon un revenu de classe 1



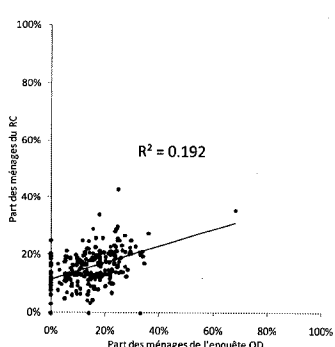
Part des ménages pour chaque SR, selon un revenu de classe 2



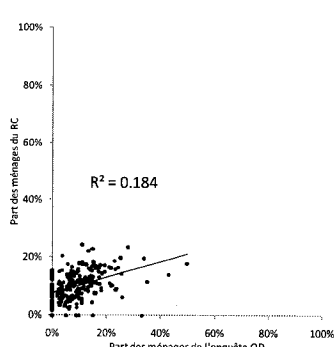
Part des ménages pour chaque SR, selon un revenu de classe 3



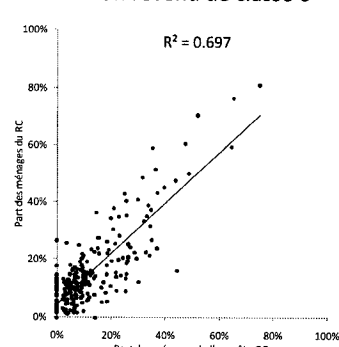
Part des ménages pour chaque SR, selon un revenu de classe 4



Part des ménages pour chaque SR, selon un revenu de classe 5



Part des ménages pour chaque SR, selon un revenu de classe 6



Légende

Abscisse : Part des ménages de l'enquête OD, pour chaque SR, selon la classe de revenu.

Ordonnée : Part des ménages du Recensement, pour chaque SR, selon la classe de revenu.

Revenu de classe 1 : Moins de 20 000 \$

Revenu de classe 2 : 20 000 \$ à 39 999 \$

Revenu de classe 3 : 40 000 \$ à 59 999 \$

Revenu de classe 4 : 60 000 \$ à 79 999 \$

Revenu de classe 5 : 80 000 \$ à 99 999 \$

Revenu de classe 6 : 100 000\$ et plus

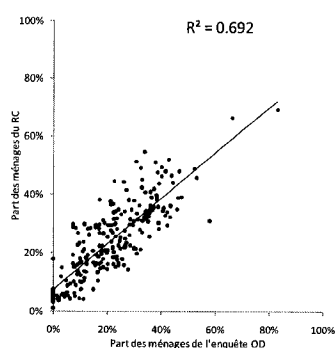
Figure 3-5 – Part des ménages de 2 personnes et plus de l'enquête OD 2003 versus le recensement canadien 2001, pour chaque SR, selon leur classe de revenu

Plusieurs des coefficients de détermination sont très faibles. On remarque toutefois que les classes aux extrémités, les classes 1 et 6, autant pour les ménages d'une personne que de 2 personnes et plus, sont plus significatives.

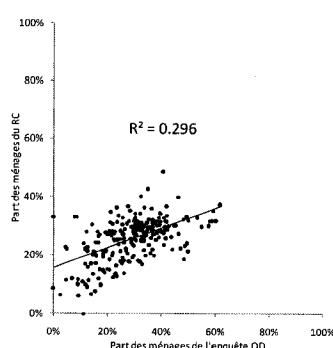
Ici, la distribution des ménages des SR selon leur taille et leur classe de revenu semble trop désagrégée car près de 27% des regroupements ne contiennent pas de donnée (pour chacun des 235 SR il y a 12 regroupements, soit un total de 2820 regroupements dont 763 sont vides). Afin d'éliminer une partie des regroupements sans donnée, la variable de la taille des ménages n'est plus considérée (voir Figure 3-6).

Part des ménages de l'enquête OD 2003 versus le recensement canadien 2001, pour chaque SR, selon leur classe de revenu

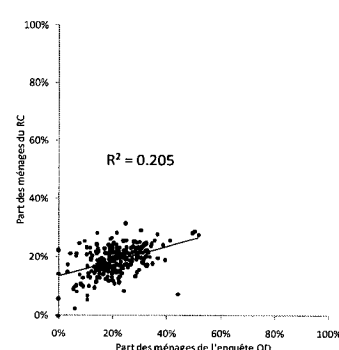
Part des ménages, pour chaque SR, selon un revenu de classe 1



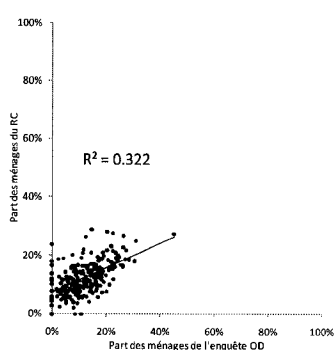
Part des ménages, pour chaque SR, selon un revenu de classe 2



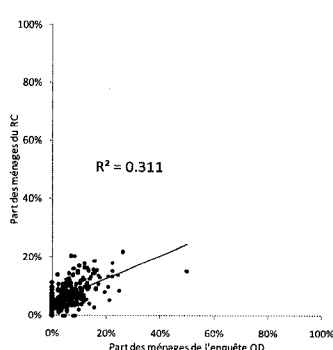
Part des ménages, pour chaque SR, selon un revenu de classe 3



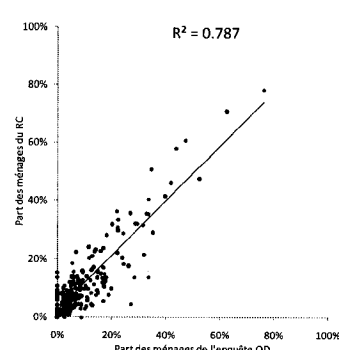
Part des ménages, pour chaque SR, selon un revenu de classe 4



Part des ménages, pour chaque SR, selon un revenu de classe 5



Part des ménages, pour chaque SR, selon un revenu de classe 6



Légende

Abscisse : Part des ménages de l'enquête OD, pour chaque SR, selon la classe de revenu.

Ordonnée : Part des ménages du Recensement, pour chaque SR, selon la classe de revenu.

Revenu de classe 1 : Moins de 20 000 \$

Revenu de classe 2 : 20 000 \$ à 39 999 \$

Revenu de classe 3 : 40 000 \$ à 59 999 \$

Revenu de classe 4 : 60 000 \$ à 79 999 \$

Revenu de classe 5 : 80 000 \$ à 99 999 \$

Revenu de classe 6 : 100 000\$ et plus

Figure 3-6 – Part des ménages de l'enquête OD 2003 versus le recensement canadien 2001, pour chaque SR, selon leur classe de revenu

Les coefficients de détermination se sont améliorés grandement. Encore une fois, il semble que les classes aux extrémités soient les plus significatives. Ici, près de 8% des regroupements ont une valeur nulle, c'est donc une amélioration non négligeable comparativement à l'approche précédente (27%). Il serait possible de reconfigurer les classes de revenu afin d'obtenir un coefficient de détermination plus élevé, mais la dernière approche est assez satisfaisante pour poursuivre la fusion des données.

En résumé, nous avons pu constater qu'un découpage spatial au niveau des AD offre moins d'informations qu'un découpage au niveau des SR. La validation de la fusion des données du revenu des ménages nous indique que l'information désagrégée en fonction de la taille des ménages occasionne des disparités trop importantes entre les données de l'enquête et du recensement. Finalement, la fusion des données sur le revenu des ménages peut s'effectuer en fonction des SR.

3.3.2. BONIFICATION DE L'ENQUÊTE OD

La méthode de fusion des données retenue consiste à attribuer pour chaque SR de l'enquête OD, la part des ménages de chaque classe de revenu dans le recensement canadien. Il ne reste plus qu'à transférer l'information du recensement canadien à celui de l'enquête OD (voir Figure 3-7). Considérant pour un SR, la part des ménages de chaque classe de revenu (RC), l'approche simple retenue consiste à répartir le facteur d'expansion de chaque enregistrement de l'enquête dans la classe de revenu respectif.

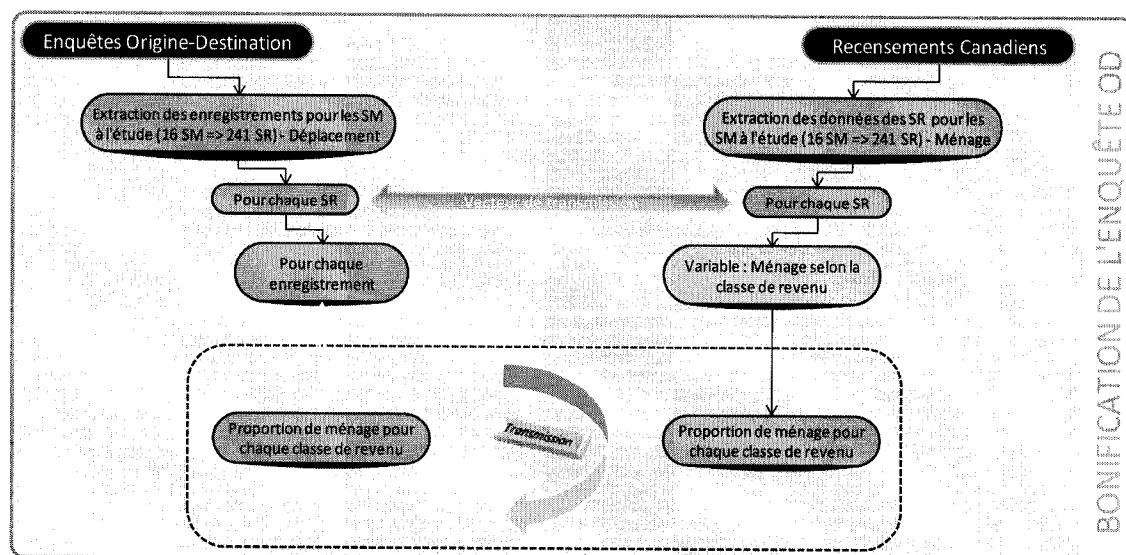


Figure 3-7 – Diagramme de la méthode appliquée pour la fusion des données sur le revenu du recensement canadien à l'enquête OD

La Figure 3-8 montre un exemple de transfert des données sur le revenu du recensement canadien vers l'enquête OD.

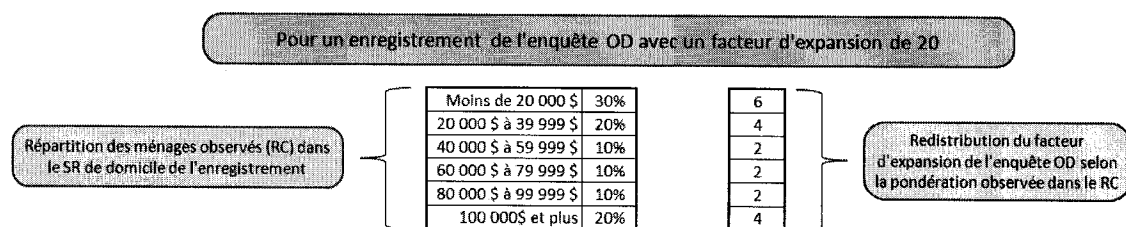


Figure 3-8 – Exemple de transfert de l'information du recensement canadien à l'enquête OD

Les données sur le revenu sont appliquées à chaque enregistrement de l'enquête OD. Pour ce faire, le facteur d'expansion de l'enregistrement de l'enquête OD est redistribué dans les 6 classes de revenu en fonction de la pondération établie de celles-ci à l'aide du recensement canadien. Une fois terminé, six nouveaux champs sont donc

créés dans la base de données de l'enquête. Ces données seront utilisées dans le prochain chapitre pour évaluer l'équité quant à l'accessibilité en TC.

Dans la perspective de la mobilité durable, il apparaît essentiel de bonifier l'enquête OD par les données du recensement canadien. Des variables telles que le revenu des ménages, le niveau de scolarité des individus, le secteur d'emploi et plusieurs autres sont une source non-négligeable d'informations qui permettent de raffiner la compréhension de la mobilité durable ainsi que de faciliter l'évaluation de cette dernière.

CHAPITRE 4 : CONCEPTUALISATION ET ANALYSE DES INDICATEURS

4.1. INTRODUCTION

Dans les chapitres précédents, les notions de durabilité et de mobilité urbaine ainsi que la complexité spatio-temporelle de ces dernières ont été décrites. Afin de mettre en application ces concepts, certains indicateurs ont été retenus pour la caractérisation de la mobilité durable. Le présent chapitre porte donc sur la conceptualisation et l'analyse de différents indicateurs de mobilité durable. Ces derniers ne constituent pas un système d'indicateurs complet permettant d'évaluer la mobilité durable de la région métropolitaine de Montréal. Toutefois, ce chapitre met en lumière les transformations possibles permettant de rendre dynamiques des indicateurs traditionnellement statiques.

L'un des éléments clés pour rendre dynamiques plusieurs des indicateurs de mobilité durable est le suivi de la population de jour, c'est-à-dire la mesure de l'évolution de l'utilisation du territoire par la population de jour (Chapleau, 1993; Morency, 2004). Les autres indicateurs qui seront abordés sont l'espace consommé par le système de transport, l'accès au territoire, la consommation de l'espace, la consommation d'énergie, la fragmentation de l'espace, le volume d'activité physique et l'équité d'accès au TC.

4.2. INDICE D'ÉTALEMENT DE LA POPULATION

4.2.1. DÉFINITION ET SOURCES DE DONNÉES

Les migrations quotidiennes des individus exercent des pressions importantes et variables sur les réseaux de transport et les territoires. Certains secteurs sont très sollicités le jour, souvent les secteurs centraux, tandis que d'autres sont désertés comme le sont certaines banlieues. L'éclatement des lieux de domicile et d'activités, principalement dû au phénomène d'étalement urbain, crée des conditions de moins en moins favorables aux réseaux de transport en commun. En outre, dans un souci d'améliorer l'efficacité des réseaux de transport ainsi que des déplacements, il est souhaitable que les extrémités de déplacement soient plus rapprochées les unes des autres. Les indicateurs typiques de densité de population ou de dispersion des lieux d'activités se limitent généralement à dresser le portrait d'une situation statique. Il est toutefois possible de les améliorer. L'indice d'étalement est justement un indicateur qui, lorsqu'estimé à différents moments de la journée, permet d'apprécier quantitativement l'ampleur des migrations quotidiennes en termes de niveau de dispersion ou concentration des populations.

Dans un effort pour rendre perceptible le caractère spatio-temporel du transport et de la mobilité durable, nous nous devons de considérer la consommation de l'espace (Nicolas & Verry, 2005) et la dynamique d'occupation du territoire (Morency, 2004). L'observation, par secteur, de la population et de sa densité selon le lieu d'activité s'avère une mesure clé pour l'analyse dynamique. Habituellement, l'analyse d'une population se fait par association à un secteur de résidence. Par exemple, les cartes thématiques de densité de la population, une mesure démographique très répandue,

dénotent la densité de la population selon leur lieu de résidence; que l'on nommera population de nuit (Chapleau, 1993). Toutefois, sachant qu'une importante partie de la journée est régulièrement consacrée à des activités se tenant à l'extérieur du secteur de résidence, il est dès lors souhaitable d'analyser la population de jour contrairement à la population de nuit.

L'examen de la population de jour (population mobile), à l'aide de l'enquête OD, nous permet de suivre et de caractériser à toute heure de la journée la population sur le territoire selon les lieux d'activités des individus. La population, toujours à l'aide de l'enquête OD, peut se caractériser notamment par les variables : sexe, âge, statut, mobilité et autres, ceci dans le contexte spatio-temporel désiré (heure de la journée, secteur).

L'indice d'étalement de la population prend tout son sens lorsque la dynamique d'occupation du territoire est observée. Le mouvement pendulaire des déplacements, en grande partie vers les secteurs centraux le matin et vers les secteurs périphériques le soir, démontre l'évolution de la forme de l'occupation du territoire (concentrée durant la journée et étendue durant la nuit).

La mesure retenue pour illustrer l'étalement de la population est le ratio de la **densité dynamique**, heure par heure, de la population de jour (sexe, âge, statut, etc.) selon les lieux d'activités versus la **densité statique** (population de nuit) de la population.

4.2.2. MÉTHODOLOGIE SPÉCIFIQUE ET RÉSULTATS

De façon traditionnelle, la densité de la population est caractérisée par la population de nuit, telle qu'illustrée à la Figure 4-1.

Densité brute de la population de nuit (pers./km²) selon le secteur de résidence pour l'agglomération de Montréal en 2006

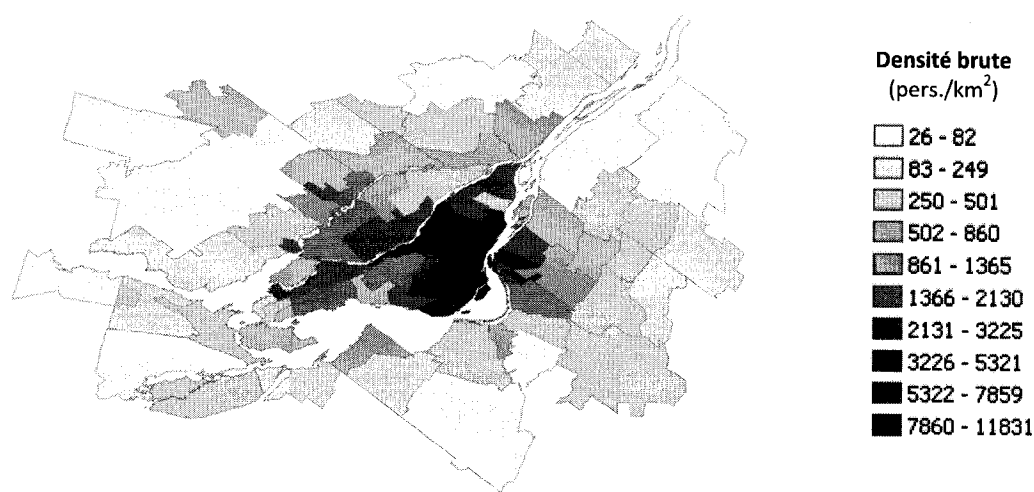


Figure 4-1 – Densité brute de la population de nuit selon le secteur de résidence pour l'agglomération de Montréal en 2006

Bien que la densité de la population permette de brosser le portrait général de l'occupation du territoire et de ces lieux principaux d'activités, elle ne permet pas de rendre compte des subtilités spatio-temporelles découlant de la mobilité.

Pour tenir compte de ces subtilités, nous suivons, dans un premier temps, pour un secteur donné et pour une période de temps donnée (heure par heure), le nombre de personnes mobiles à l'intérieur du secteur. Ces individus sont jugés présents dans le secteur selon le lieu d'activité et l'heure de départ déclarée dans l'enquête OD. Les individus sont donc cumulés pour le secteur jusqu'au moment où ces individus effectuent un autre déplacement à l'extérieur du secteur (souvent le retour à la maison). Les Figure 4-2 et Figure 4-3 illustrent la dynamique d'occupation de deux secteurs, l'un central (Centre-ville) et l'autre en périphérie (Blainville).

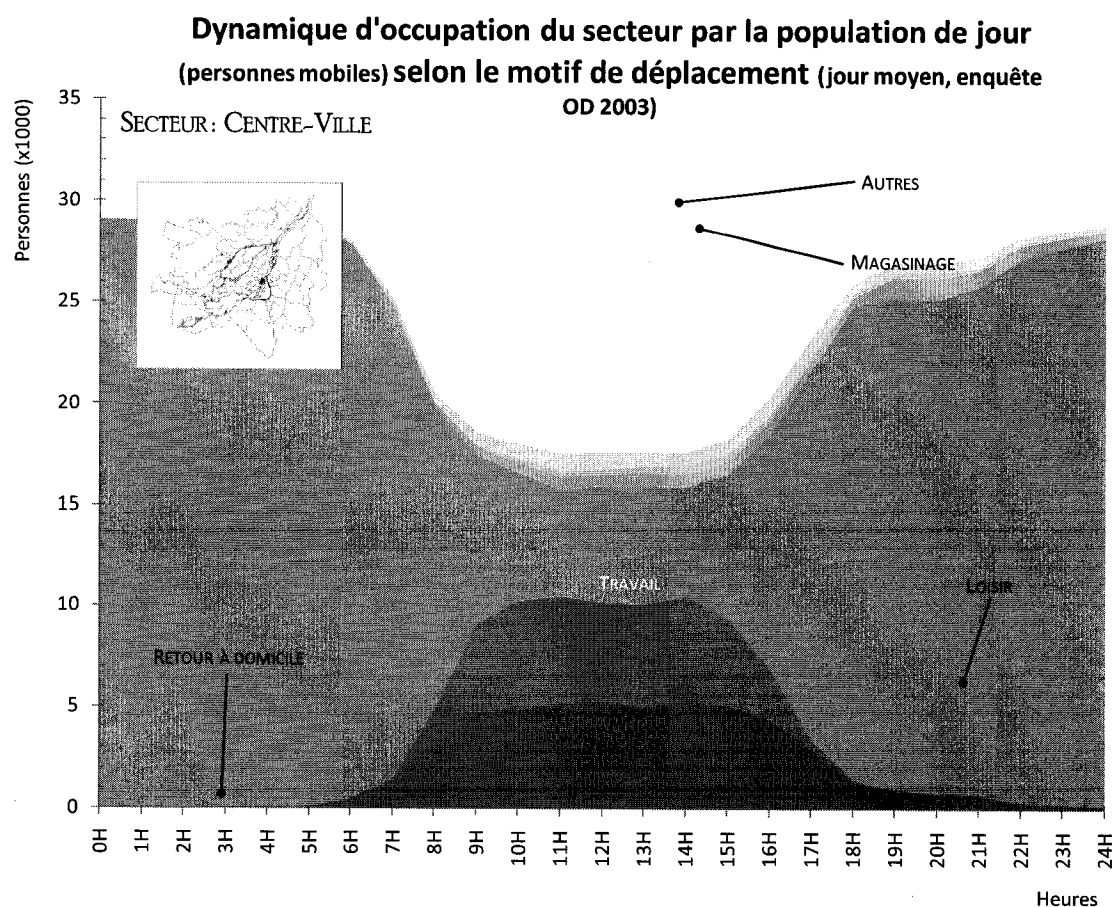


Figure 4-2 – Dynamique d’occupation du territoire pour le secteur Centre-ville selon le motif de déplacement

Les figures démontrent bien l’importance du Centre-ville comme lieu principal d’activité (échelle de l’abscisse différente sur les figures) et la nature « dortoir » du secteur de Blainville.

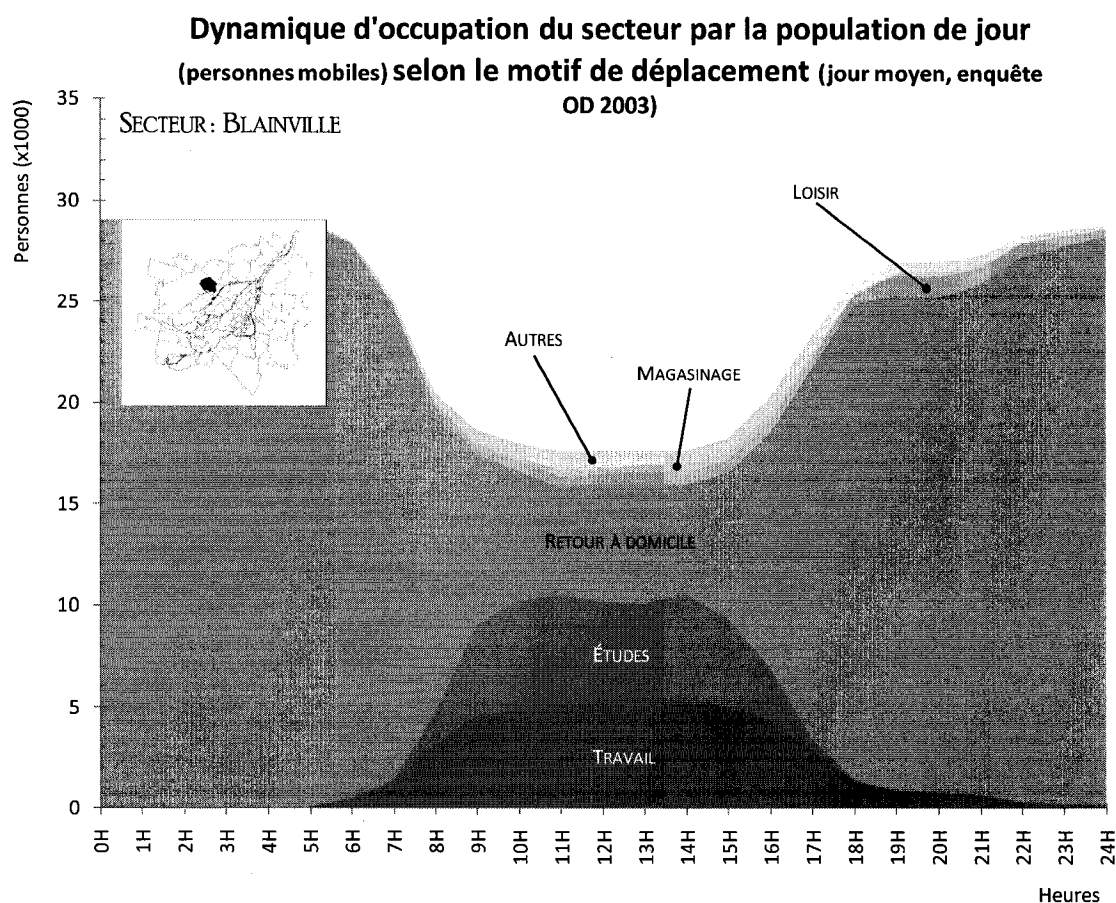


Figure 4-3 – Dynamique d’occupation du territoire pour le secteur de Blainville selon le motif de déplacement

L’analyse de la dynamique d’occupation du territoire peut se faire sous différents aspects. Les figures précédentes démontrent la répartition des personnes selon le motif du déplacement. Le Centre-ville attire en grande partie les personnes se déplaçant pour motif travail tandis que le secteur de Blainville reçoit des personnes pour motif retour (les résidents du secteur ayant fait une ou des activités à l’extérieur du secteur et qui font un retour au domicile). Toutefois, l’analyse peut s’effectuer en fonction d’autres variables, telles que le mode de transport, le statut des personnes,

l'âge, le sexe ou toutes autres caractéristiques socioéconomiques disponibles dans l'enquête OD.

Simplifions la dynamique d'occupation du sol en ne considérant que la **densité de la population mobile** dans un secteur, indépendamment du motif et du mode de déplacement ainsi que de toute autre caractéristique socioéconomique.

Soit l'équation :

$$D_h = \frac{Pop.Jr_h}{Aire_{SM}}$$

Où D_h est la densité (personnes/km²) à l'heure h pour le SM , $Pop.Jr_h$ est la population de jour présente à l'heure h pour le SM et finalement $Aire_{SM}$ est la superficie en km² du SM .

Les résultats pour les 14 secteurs à l'étude (voir Tableau 4-1) confirment des dynamiques d'occupation du territoire plutôt hétérogènes, soit des densités élevées dans les secteurs centraux et faibles dans les secteurs en périphérie. Dans un effort de construction d'indicateurs dynamiques les mesures sur la population et de sa densité, heure par heure, deviennent très importantes.

Tableau 4-1 – Évolution, heure par heure, de la densité de la population de jour (pop/km²), population mobile seulement, des différents secteurs municipaux

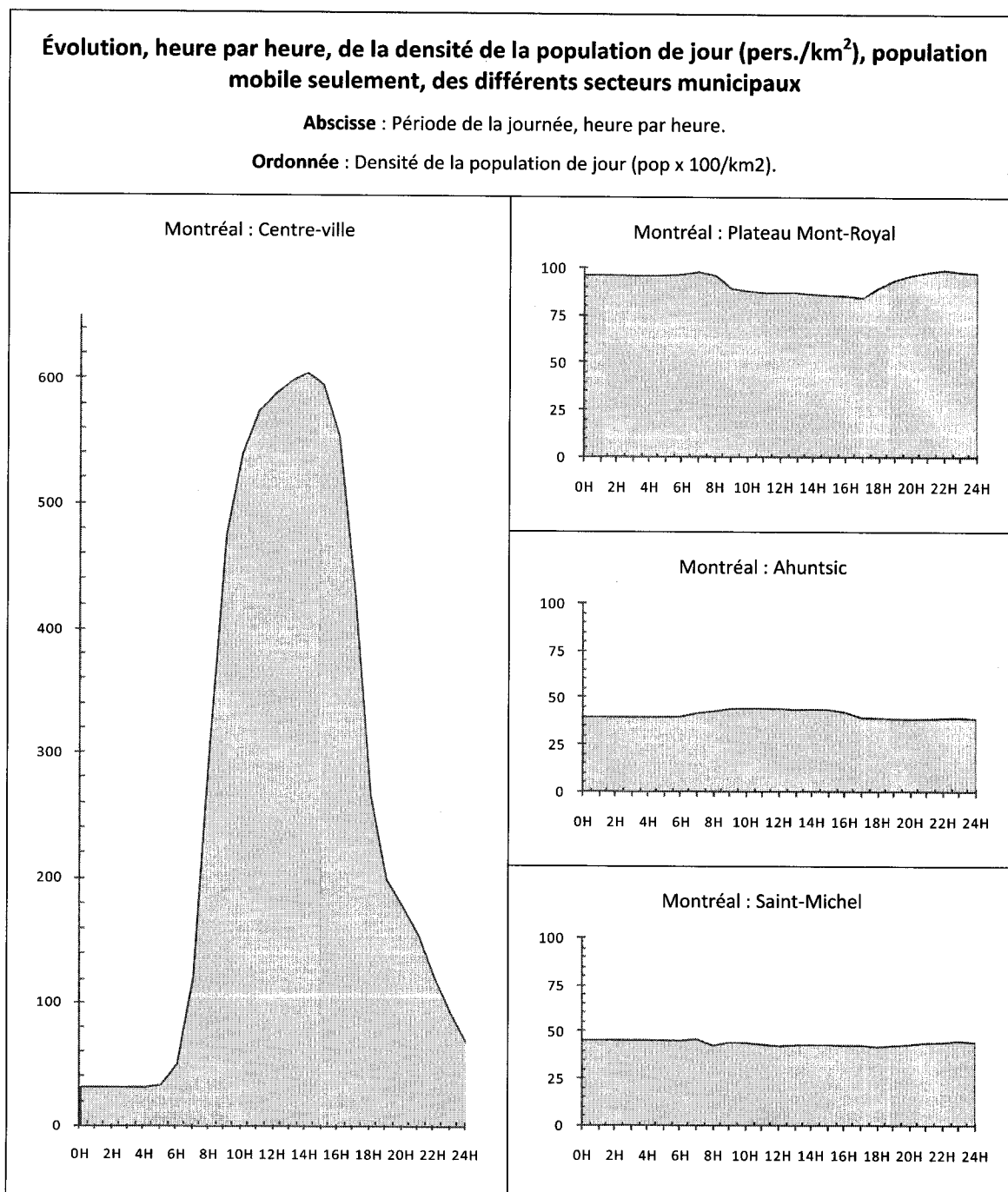


Tableau 4-1 – Évolution, heure par heure, de la densité de la population de jour (pop/km²), population mobile seulement, des différents secteurs municipaux (suite)

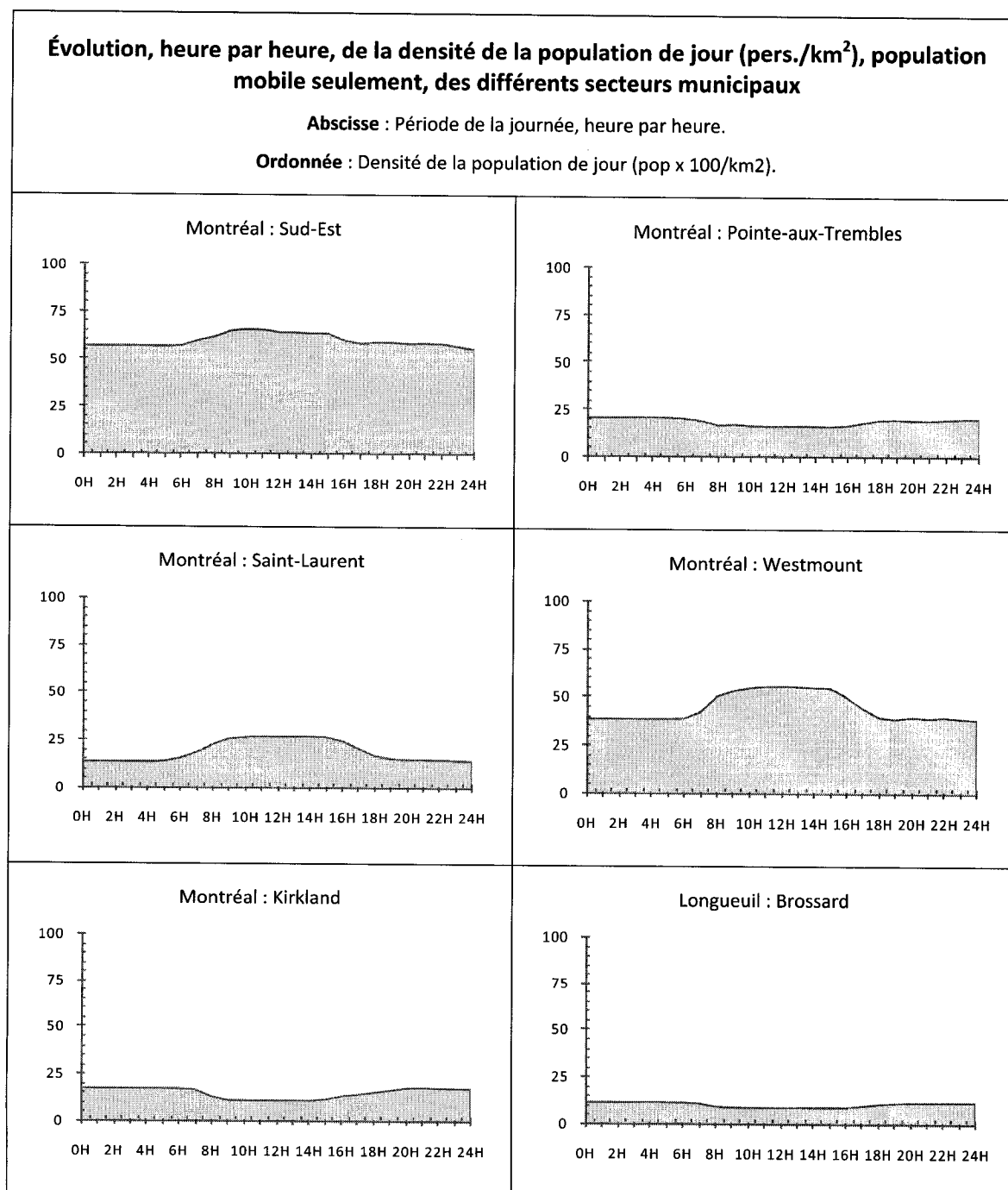
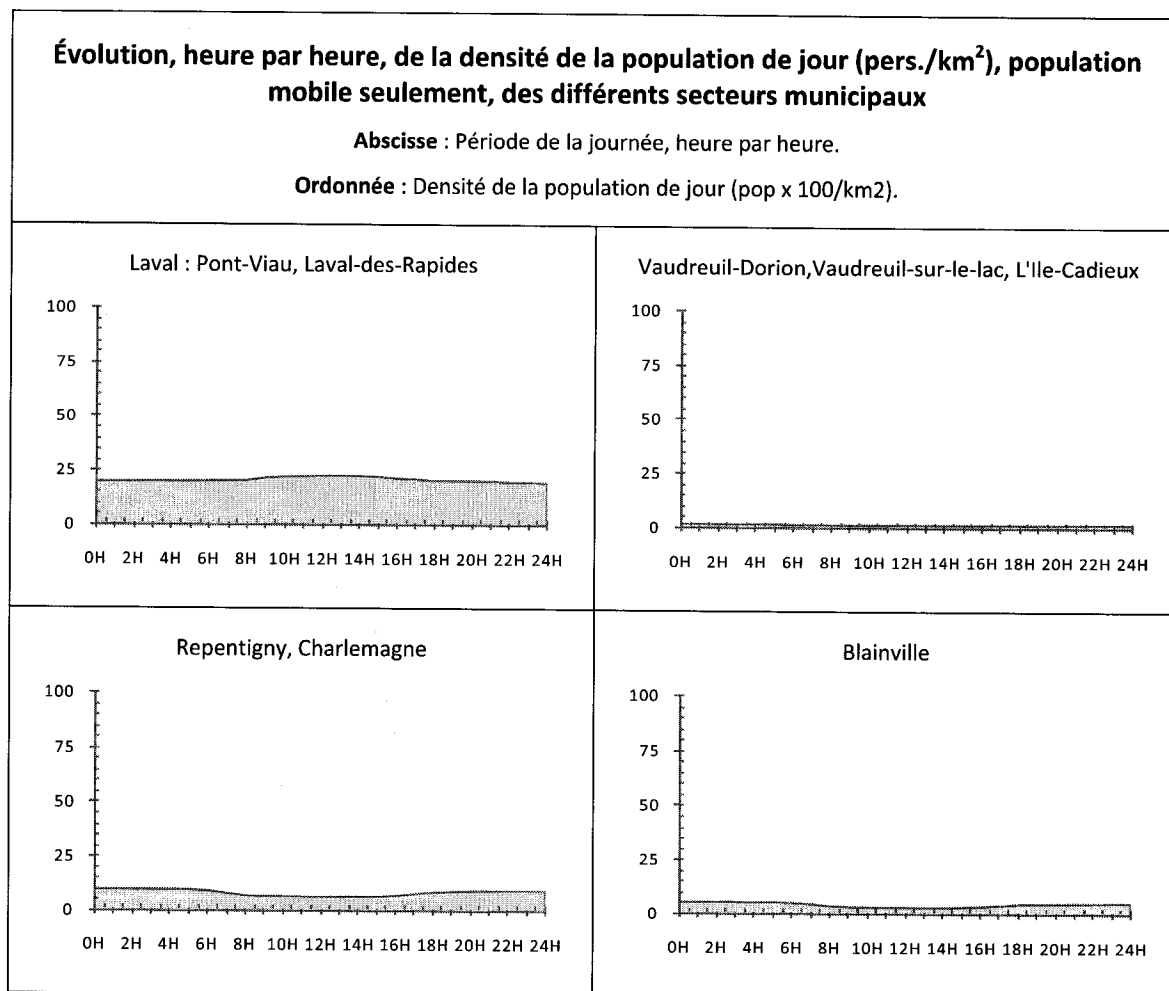


Tableau 4-1 – Évolution, heure par heure, de la densité de la population de jour (pop/km²), population mobile seulement, des différents secteurs municipaux (suite)



Une autre approche peut être utilisée, soit l'équation :

$$RP_h = \frac{Pop \cdot Jr_h}{Pop_{nt}}$$

Où RP_h est le ratio à l'heure h pour le SM et, où Pop_{nt} est la population de nuit.

Cette approche nous permet (voir Tableau 4-2) d'apprécier seulement la dynamique d'occupation du secteur en ne considérant pas le phénomène des densités plus élevées pour les secteurs centraux et plus faibles en périphérie.

Tableau 4-2 – Évolution, heure par heure, du ratio de la population de jour (mobile seulement) et de la population de nuit (mobile seulement) pour différents secteurs municipaux

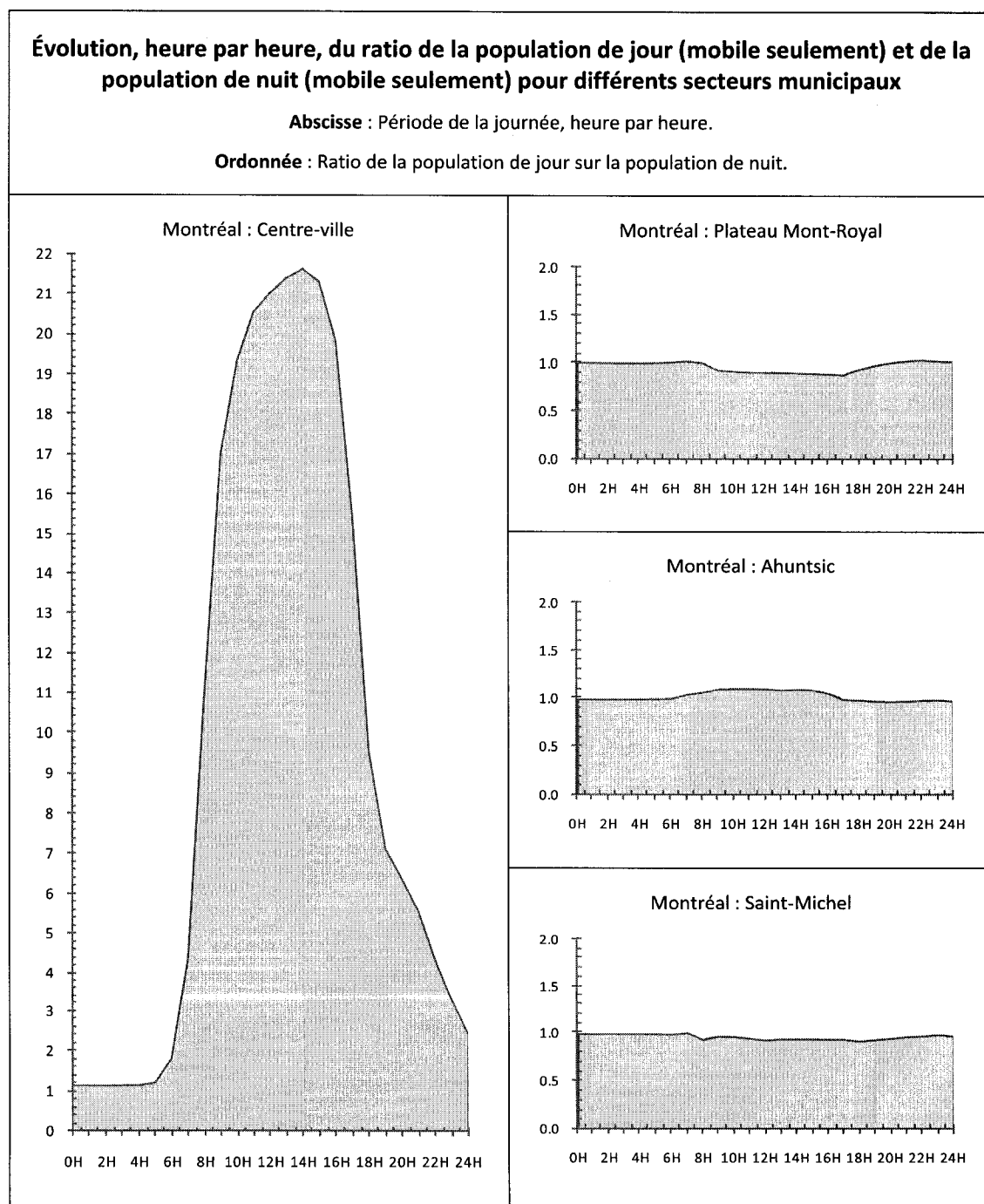


Tableau 4-2 – Évolution, heure par heure, du ratio de la population de jour (mobile seulement) et de la population de nuit (mobile seulement) pour différents secteurs municipaux (suite)

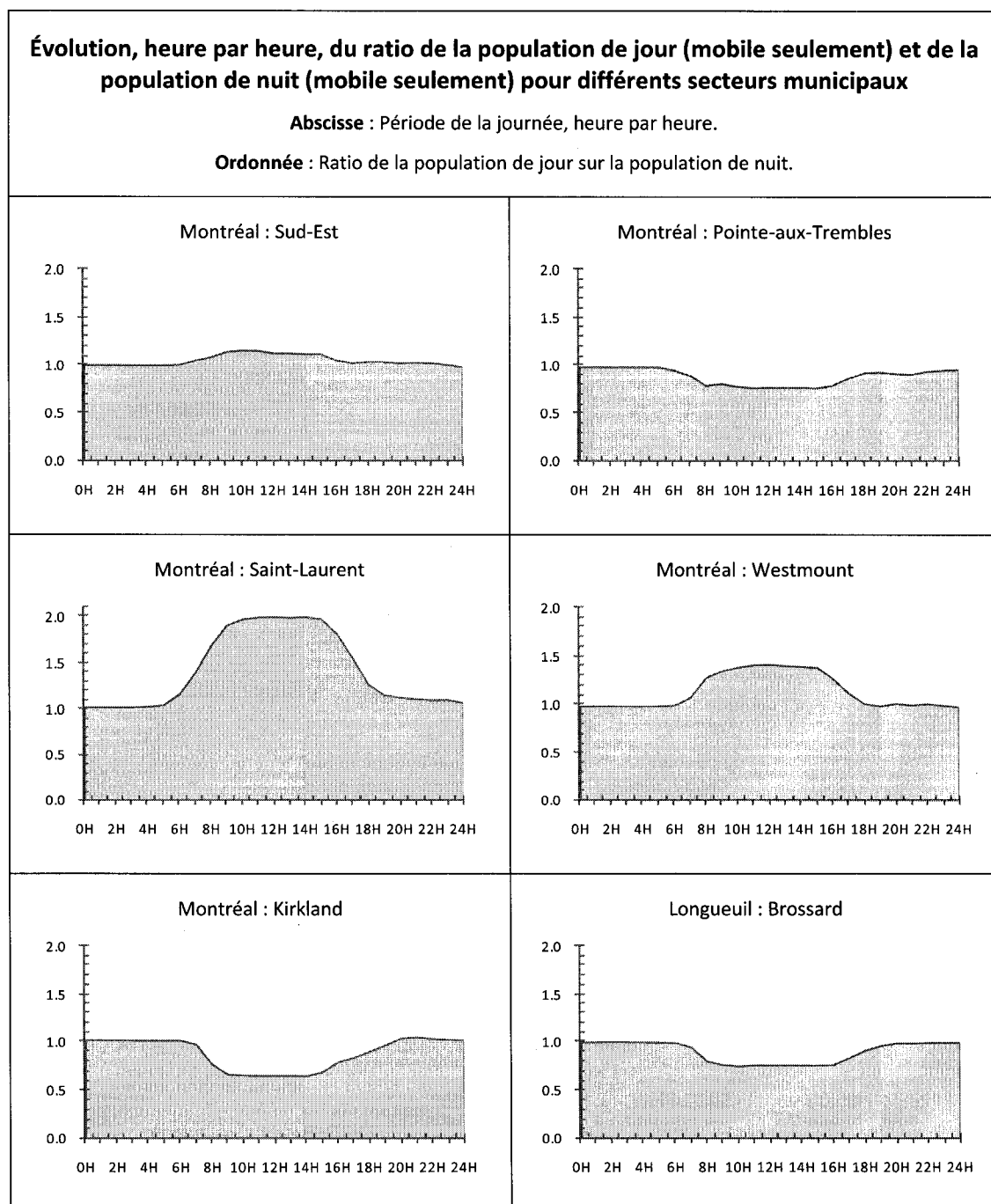
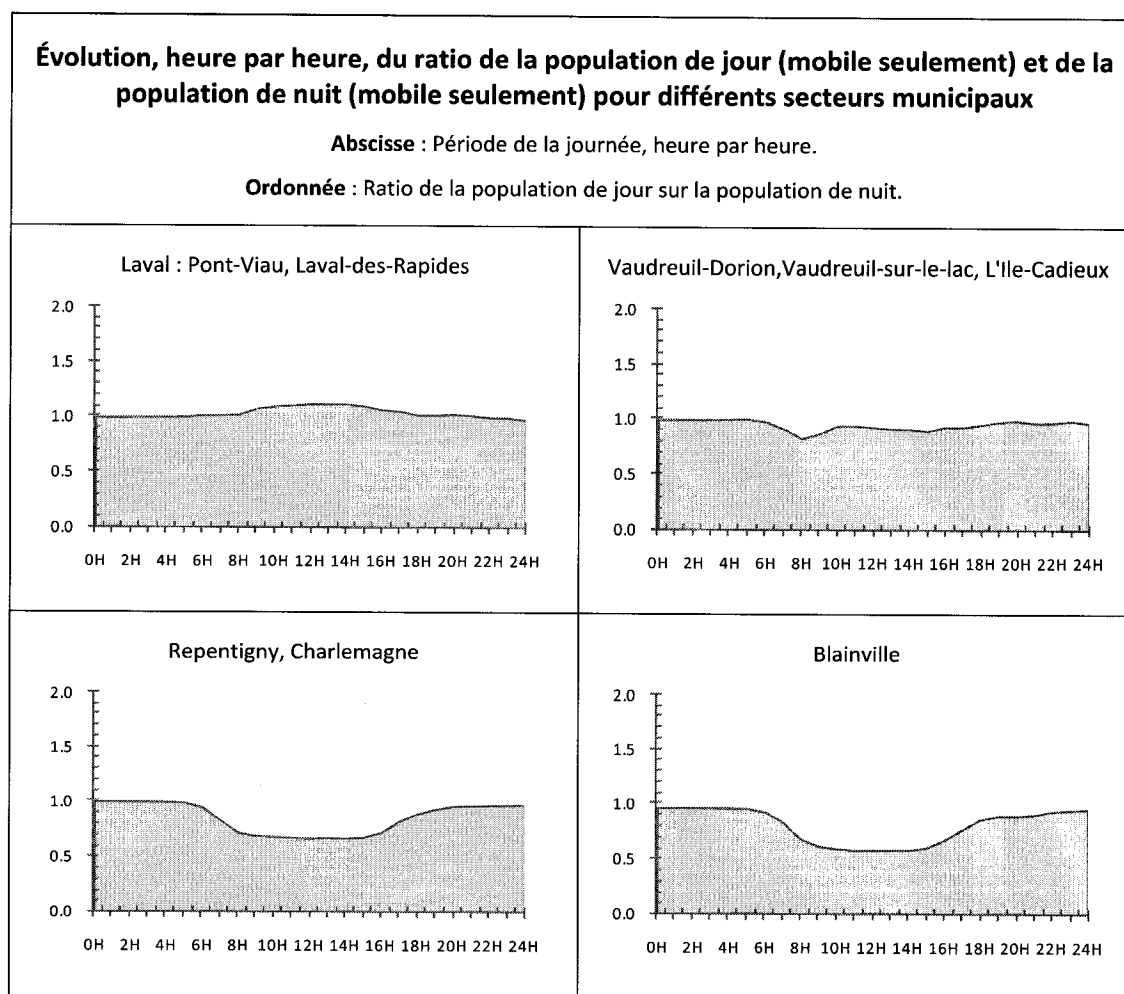


Tableau 4-2 – Évolution, heure par heure, du ratio de la population de jour (mobile seulement) et de la population de nuit (mobile seulement) pour différents secteurs municipaux (suite)



Un ratio de 1 nous indique qu'il y a autant de personnes dans le secteur (population de jour) qu'il y a de résidents (population de nuit). Or, les secteurs ayant un ratio plus élevé que 1, tels que le Centre-ville, Saint-Laurent, Westmount sont des centres importants d'activités. Tandis que, certains secteurs ayant un ratio inférieur à 1, tels que Kirkland, Brossard, Repentigny/Charlemagne et Blainville dénotent plutôt la

vocation « dortoir » de ceux-ci. Il faut remarquer que l'ensemble des secteurs, même durant la nuit, n'atteignent pas le ratio de 1 car il y a un certain nombre de résidents toujours à l'extérieur (travail de nuit, loisir, etc.).

Dans une perspective de synthèse, il est possible de mesurer un taux de remplissage des différents secteurs. Cet indicateur consiste à estimer le ratio pour une heure donnée de la journée en fonction d'une heure de référence. L'exemple à la Figure 4-4 est le ratio entre le nombre de personnes mobiles dans le secteur à 1h et le nombre de personnes mobile à 12h, soit l'équation suivante :

$$TR = \frac{N_{h=12}}{N_{h=1}}$$

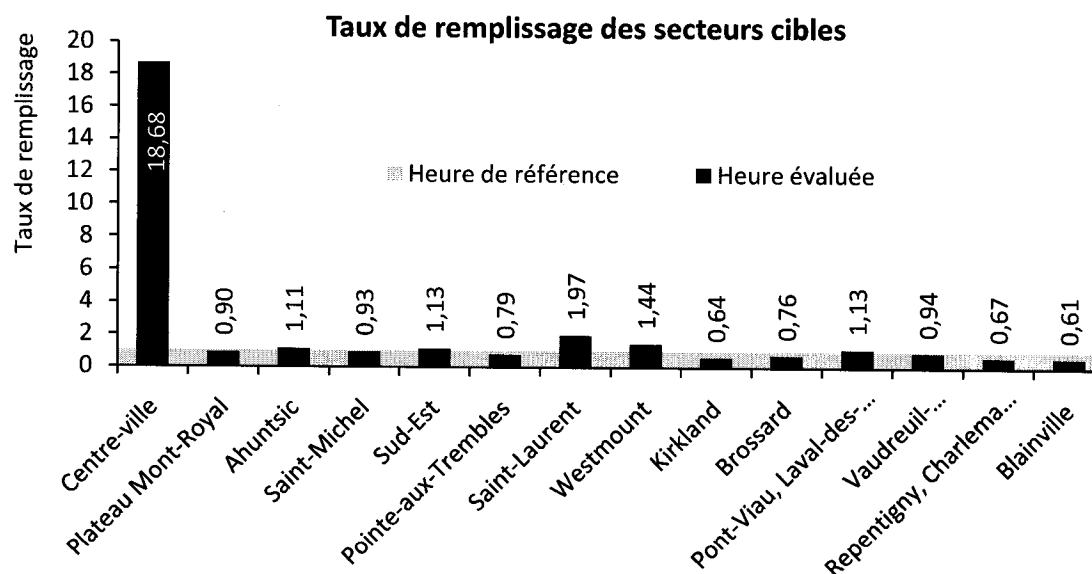


Figure 4-4 – Taux de remplissage des secteurs cibles

Si l'heure de référence (1h le matin) correspond à un taux de remplissage de 1 on peut dès lors constater qu'à midi certains secteurs attirent davantage de personnes, un taux de remplissage de plus de 1, tandis que d'autres se vident, un taux de remplissage inférieur à 1. À ce titre, nous remarquons immédiatement la nature distincte du Centre-ville avec un taux de remplissage de près de 19.

Pour une approche plus globale, un indicateur au niveau de l'agglomération est mesuré. Sachant que l'agglomération de Montréal est quasi mono-concentrique, c'est-à-dire qu'une grande partie des activités (dont résidentielles) se concentrent autour du Centre-ville, une fonction de répartition de la densité de la population est appliquée. Il est aussi possible d'appliquer un indice de dispersion de la population (Chapleau, 1998; Bertaud, 2003). Dans un rayon donné autour du Centre-ville la densité de la population est de $d(r)$ personnes par kilomètre carré. Plus nous augmentons le rayon autour du Centre-ville, plus la densité diminue car la superficie du territoire augmente plus rapidement que la population résidente. La fonction de répartition de la population prend la forme d'une exponentielle négative (Morency & Chapleau, 2004). Soit l'équation suivante :

$$d(r) = Ae^{-br}.$$

Où $d(r)$ est la densité dans un rayon r du Centre-ville, où A est la densité théorique au centre (lorsque $r = 0$) et où b est le taux de décroissance exponentielle de la densité.

Dans l'exemple à la Figure 4-5, les densités de la population cumulée sont réparties en fonction de leur distance au Centre-ville à 11h. On remarque immédiatement que durant la journée la population est plus concentrée autour du Centre-ville.

Répartition de la densité de la population cumulée de jour en fonction de la distance du Centre-ville

Légende

Abscisse : Distance du Centre-ville (km).

Ordonnée : Densité de la population cumulée (pers./km²).

● Densité brute de la population de jour observée à 11h

— Fonction de la densité brute de la population de jour à 11h

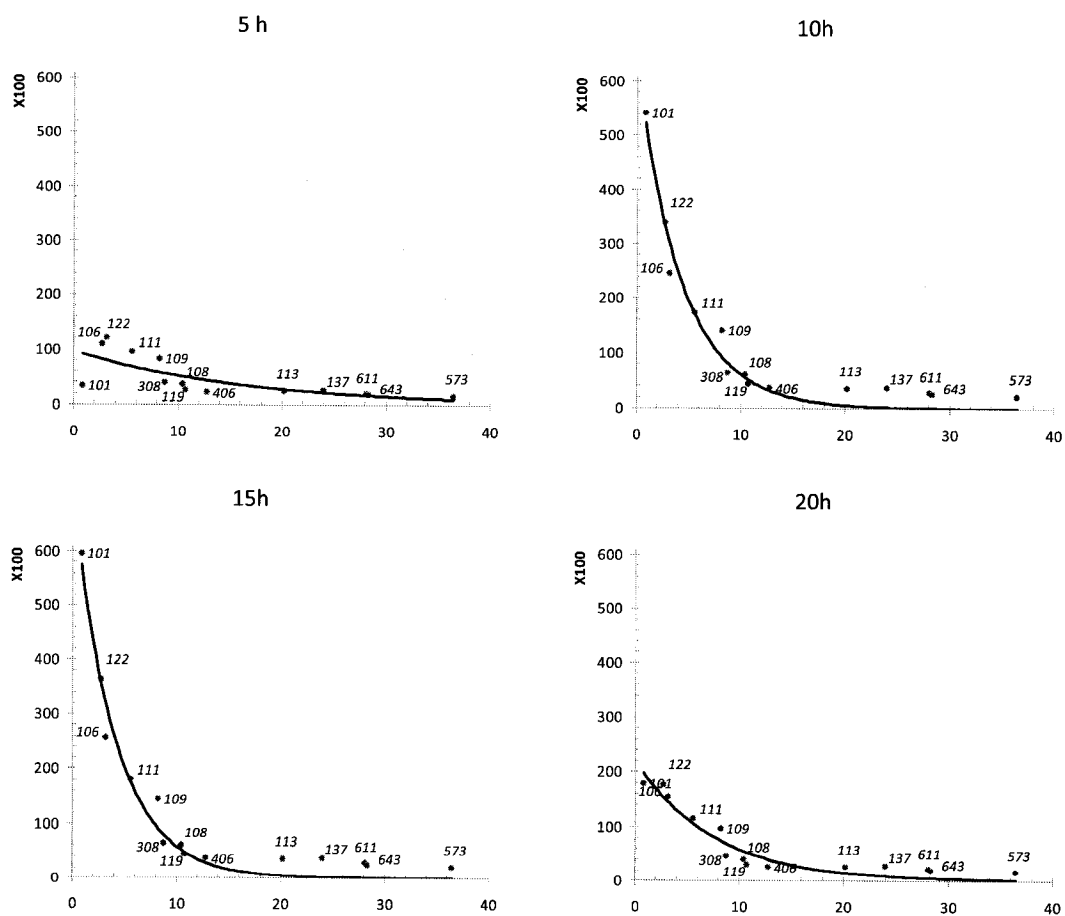


Figure 4-5 – Répartition de la densité de la population cumulée de jour en fonction de la distance du Centre-ville

Afin d'évaluer l'indice d'étalement de la population par rapport au centre de l'agglomération, la valeur g_h correspondant à l'inflexion de la courbe à l'heure h est mesurée. L'inverse de b_h , soit l'équation :

$$g_h = \frac{1}{b_h}.$$

Celle-ci correspond à l'indice d'étalement de la population (voir Figure 4-6).

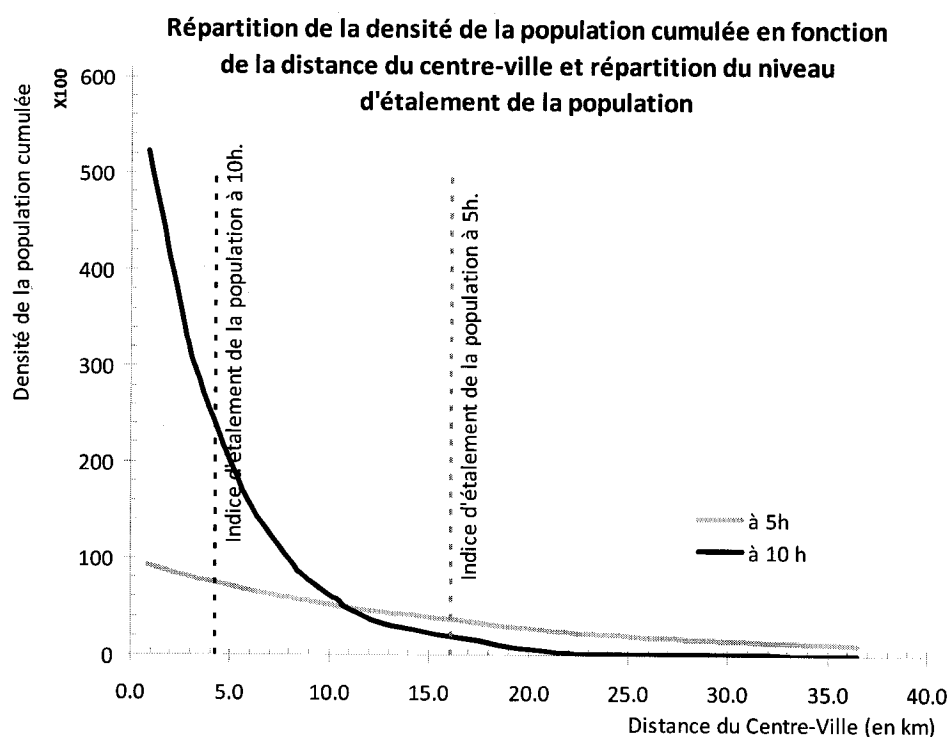


Figure 4-6 – Répartition de la densité de la population cumulée en fonction de la distance du Centre-ville et répartition du niveau d'étalement de la population

Il est possible d'évaluer l'indice d'étalement de la population de jour pour différentes heures de la journée. Donc, une évolution, heure par heure, de l'indice d'étalement de

la population (voir Figure 4-7) laisse clairement voir la dynamique d'occupation du territoire. Les valeurs proches de zéro indiquent que la population se concentre de manière plus importante autour du Centre-ville.

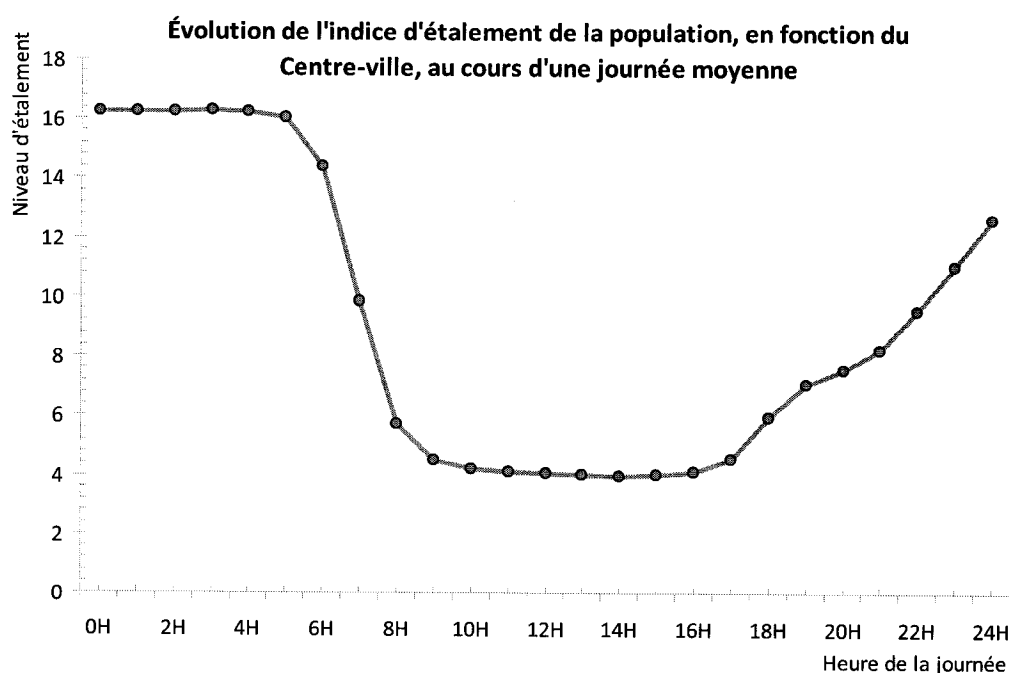


Figure 4-7 – Évolution de l'indice d'étalement de la population, en fonction du Centre-ville, au cours d'une journée moyenne

Et finalement, afin de synthétiser davantage les résultats, il est mesuré, comme vu précédemment, un ratio des indices d'étalement de la population (taux de remplissage) par secteur. Le ratio se compose de l'indice d'étalement à 1h et l'indice d'étalement à 12h, soit l'équation :

$$NO_h = \frac{E_{h=12}}{E_{h=1}}.$$

Plus le ratio se rapproche de la valeur 0 plus le niveau d'étalement de la population est élevé et dans le cas très peu probable où la valeur est égale ou bien supérieure à 1, cela dénoterait pour le premier cas qu'il n'y a eu aucun changement et pour le deuxième cas que le niveau d'étalement décroît (la population fuit les secteurs centraux au cours de la journée). Donc, nous obtenons un ratio des indices d'étalement d'une valeur de 0,25 pour l'exemple en cours. En mesurant, par exemple, l'indice en fonction des groupes d'âge (Morency & Chapleau, 2008), nous observons certains phénomènes (voir Figure 4-8).

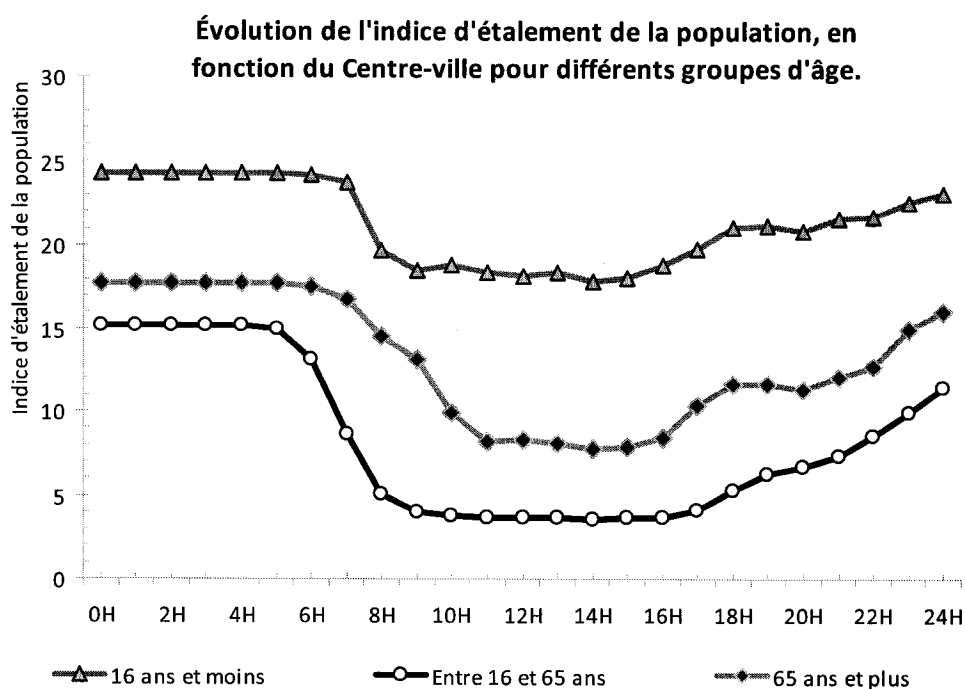


Figure 4-8 – Évolution de l'indice d'étalement de la population, en fonction du Centre-ville pour différents groupes d'âge

La population âgée de 16 ans et moins constitue le groupe étant le plus éloigné du Centre-ville, tandis que la population dite active, âgée entre 16 et 65 ans, est la plus

agglomérée par rapport au centre. Les différents ratios des indices d'étalement de la population sont :

- de 0.75 pour la population âgée de 16 ans et moins;
- de 0.24 pour la population âgée entre 16 et 65 ans;
- de 0.47 pour la population âgée de 65 ans et plus;
- et, de 0.25 pour l'ensemble de la population.

Les indicateurs d'étalement de la population constituent la base permettant la construction des indicateurs dynamiques. Nous avons vu dans cette section plusieurs indicateurs, dont certains, contribuant à la compréhension de la dynamique d'occupation du territoire heure par heure au niveau du SM ou au niveau de l'agglomération, tandis que d'autres ont permis de synthétiser l'information à un niveau plus général (niveau d'étalement de la population).

4.3. ESPACE CONSOMMÉ PAR LE SYSTÈME DE TRANSPORT

4.3.1. DÉFINITION ET SOURCES DE DONNÉES

Dans la même approche que l'empreinte écologique (Wackernagel, 2002), soit la surface occupée par les activités humaines (ou surface par individus), l'indicateur de l'espace consommé par les infrastructures permet de brosser un portrait de l'espace nécessaire pour les différents modes de transport. Selon l'ampleur du réseau et des types d'infrastructures qui le composent, le territoire subit des pressions importantes, principalement au niveau environnemental. Les impacts sur l'environnement sont proportionnels à la surface consacrée aux transports. Ainsi, dans une approche de développement durable de la mobilité, il serait

préférable de réduire la surface occupée par les transports en favorisant les types de transport offrant un plus grand ratio de passager par surface d'infrastructure de transport.

De plus en plus de surface du territoire est destinée aux infrastructures de transport, telles que les autoroutes, routes et grands boulevards. L'augmentation rapide du réseau routier dans les années soixante a occasionné des pertes d'habitats naturels uniques et de bonnes terres arables. Ce réseau encore aujourd'hui contribue à la pollution des sols et des eaux ainsi qu'à l'effet d'îlot de chaleur en milieu urbain. Au niveau de la diversité biologique, les infrastructures engendrent des impacts (Cools, Shepherd *et al.*, 2004; Nicolas & Verry, 2005), principalement des pertes d'habitats, une fragmentation importante de la faune et de la flore ainsi qu'une pollution locale significative. Pour certains (Cools, Shepherd *et al.*, 2004), les routes et les autoroutes ne se limitent pas à détruire la biodiversité, elles sont aussi synonymes de dégradation du paysage. Dans une autre mesure, les infrastructures routières peuvent aussi contribuer à la ségrégation des milieux de vie et ainsi briser la dynamique d'un quartier (par exemple l'autoroute Décarie dans l'arrondissement Notre-Dame-des-Neiges à Montréal).

L'espace occupé par le réseau routier aborde aussi l'aspect de la mobilité urbaine. Si le réseau routier est un élément de pression sur l'environnement, parallèlement, il contribue à l'amélioration, jusqu'à un certain point, de la mobilité urbaine. La construction de nouvelles infrastructures routières et par conséquent l'augmentation de la surface du territoire couverte par le réseau routier apporte une plus grande accessibilité. Donc, l'indicateur de l'espace consommé par le système de transport permet de mesurer plusieurs phénomènes.

L'utilisation des données géographiques de Statistiques Canada : le *Fichier du Réseau Routier et d'Extension des Traits* (FRRET) de 1996, le *Fichier Schématique du Réseau Routier* (FSRR) de 2001 et les *Fichier du Réseau Routier* (FRR) de 1991 et de 2006 permettent de localiser l'ensemble du réseau routier et les infrastructures de transport. La variable donnant le type d'infrastructure permet de décortiquer la structure du réseau tandis que la largeur de la chaussée (ou bien le nombre de voies) et la longueur des infrastructures permettent, quant à eux, d'estimer la surface consommée par le réseau (voir Figure 4-9).

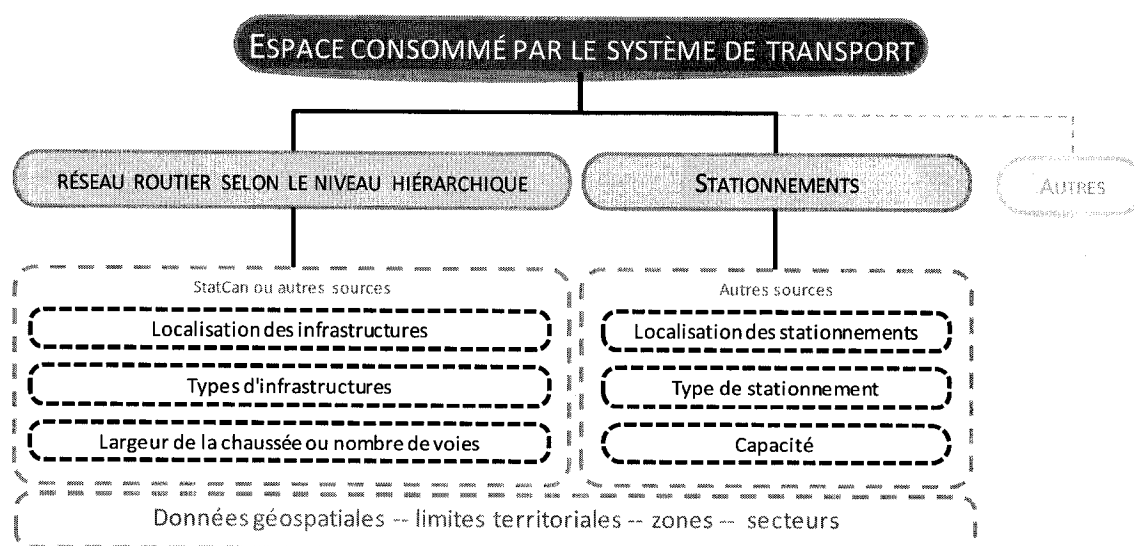


Figure 4-9 – Éléments considérés dans la construction de l'indicateur de l'espace consommé par le système de transport

La façon la plus simple d'estimer cet indicateur, pour une année donnée, est de mesurer le pourcentage du SM occupé par le réseau routier (Chapleau & Morency, 2001; Morency, 2004; Morency & Chapleau, 2004). Les secteurs supportant une part importante des activités seront rapidement perceptibles (les parts les plus élevées). La consommation du territoire par les infrastructures de transport nous informe, en

premier lieu, sur les besoins de se déplacer de la société (en considérant la notion d'équilibre de l'offre et de la demande) et, en second lieu, il nous permet de comprendre la dynamique spatiale des activités sur le territoire (les endroits ayant une forte proportion de leur territoire dédié aux transports sont communément des centres importants d'activités).

Pour pousser plus loin notre réflexion, il est possible de déterminer pour chaque année le nombre de m^2 de réseau routier par résident du secteur (population de nuit). Cette approche démontrera les effets pervers de l'étalement urbain. Les secteurs en périphérie ayant moins de population et une superficie de réseau routier non négligeable, auront un nombre de m^2 de réseau routier par résident très élevé.

Et finalement, pour considérer la complexité spatio-temporelle des transports, il est fait, heure par heure, le ratio de m^2 de réseau par personne pour les SM. Si la surface occupée par le réseau routier ne change pas au courant de la journée, le nombre de personnes dans un secteur donné, pour sa part, est en évolution constante. Il est donc faisable de suivre l'évolution du nombre de m^2 de réseau routier par individu dans les secteurs.

4.3.2. MÉTHODOLOGIE SPÉCIFIQUE ET RÉSULTATS

Il est déterminé à l'aide du champ « type » de la base de données des fichiers du réseau routier les traits correspondant à une autoroute, un boulevard ou autres infrastructures. De plus, avec le champ « classe » il est déterminé d'autres caractéristiques, telles que rue projetée, 1 voie, 2 voies, etc. À partir de ces informations il est extrapolé la largeur moyenne pour les différents types d'infrastructures.

Malheureusement, les données de tous ces fichiers correspondent plus ou moins. Selon l'année, il existe différents types d'infrastructures et de classes (voir Tableau 4-3).

Tableau 4-3 – Données des FRR (Statistiques Canada) selon l'année

Données des FRR (Statistiques Canada) selon l'année				
	1991	1996	2001	2006
Nbr de types	48	122	137	144
Nbr de classes	10	20	39	0
Nbr total d'objets	75899	95954	100615	103482
Information manquante	6395	9897	5892	4894

De plus, il existe toujours plusieurs objets (traits) qui sont non-définis (ND). Et pour finir, les objets sont géo-référencés différemment d'une année à l'autre. La Figure 4-10 démontre bien les écarts entre les différents fichiers du réseau routier. Bien que les quatre fichiers du réseau routier aient été superposés, on peut distinguer plusieurs non-concordances.



Figure 4-10 – Superposition des différents FRR laissant paraître plusieurs disparités

Donc, pour mesurer la largeur des différents traits qui composent le réseau routier, il serait nécessaire d'épurer les données des FRR. Toutefois, dans le cadre du mémoire et de la construction expérimentale d'indicateurs, la largeur unique de 40 mètres est considérée pour l'ensemble des infrastructures du réseau routier.

Pour chaque année du recensement, il est créé pour l'ensemble du réseau, une zone tampon d'une épaisseur de 20 mètres de part et d'autre du trait. Afin d'éviter les chevauchements de surfaces lors de la création du buffer, l'ensemble des objets constituant le réseau routier sont préalablement fusionnés et ensuite une zone tampon y est appliquée (une surface unique pour tout le réseau). Finalement, pour chaque secteur d'étude, la zone tampon est découpée laissant ainsi une surface (km²) représentant l'estimation de l'espace occupé par le réseau routier dans le SM.

À partir des données obtenues sur la surface occupée par le réseau routier, il est dès lors possible de dériver un certains nombres de mesures. En premier lieu, il est calculé le pourcentage du territoire (secteur) occupé par le réseau routier.

Soit l'équation suivante :

$$PEC_{RR} = \frac{S_{RR}}{Aire_{SM}}$$

Où PEC_{RR} est le pourcentage de l'espace consommé par le réseau routier pour le SM et, où S_{RR} est la surface (km^2) du réseau routier pour le SM .

Pourcentage de la surface du territoire consommé par le réseau routier dans les SM selon l'année

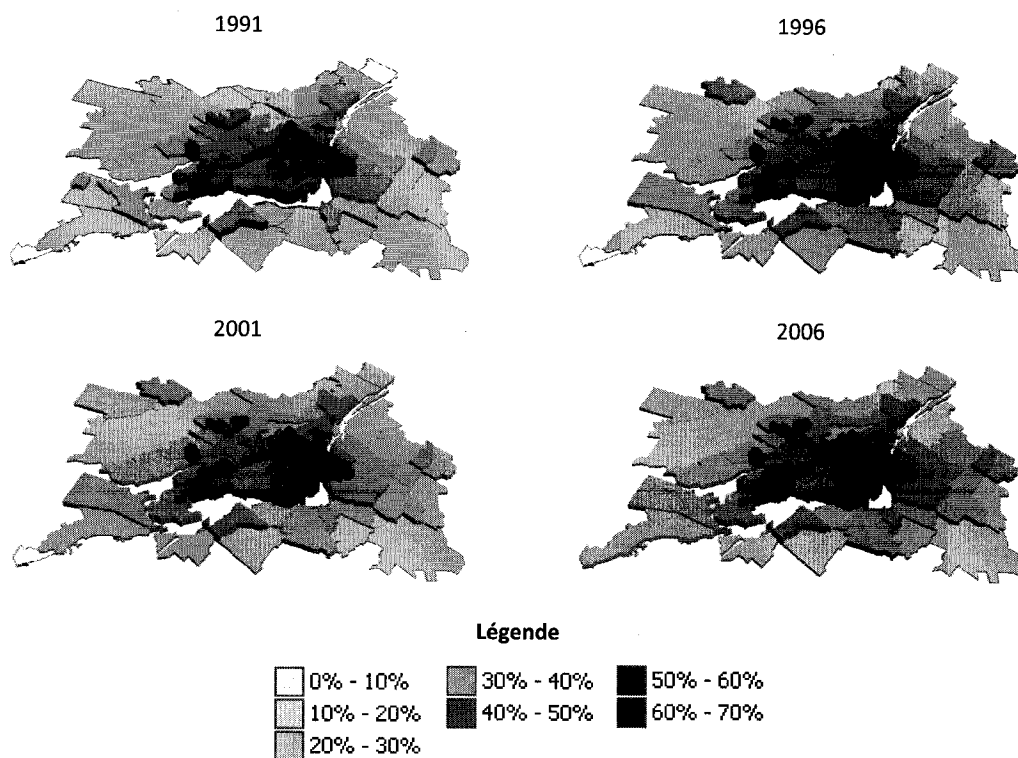


Figure 4-11 – Pourcentage de la surface du territoire consommé par le réseau routier dans les SM selon l'année

Les résultats (voir Figure 4-11) permettent de constater que les secteurs centraux ont un pourcentage plus élevé de leur territoire dédié au réseau routier. À l'inverse, les secteurs plus en périphérie, accusent un pourcentage beaucoup plus faible.

Afin de mieux percevoir l'évolution du réseau routier à travers les années, le pourcentage d'augmentation de celui-ci entre une année référence et une année cible est mesuré.

Soit l'équation suivante :

$$PA = \frac{(S_{mes} - S_{ref})}{S_{ref}}$$

Où PA est le pourcentage d'augmentation en fonction d'une année référence, où S_{mes} est la surface mesurée pour une année donnée, et finalement où S_{ref} est la surface mesurée pour l'année de référence.

Pourcentage d'augmentation de la surface du réseau routier dans les SM entre 1996 et 2006.



Figure 4-12 – Pourcentage d'augmentation de la surface du réseau routier dans les SM entre 1996 et 2006

La Figure 4-12 démontre que les augmentations les plus importantes se retrouvent en périphérie, ce qui rejoint le phénomène de l'étalement urbain et de la polémique qu'elle suscite. Pour Wendell Cox (2006), ce consultant international en politique publique, l'essor de la banlieue est un signe de vitalité qui améliore la compétitivité de

la région. Toutefois, selon l'idée dominante associée au concept de durabilité, l'essor de la banlieue contribue aux émissions de gaz à effet de serre, à la dépendance automobile et autres maux.

Les résultats pour les secteurs à l'étude (voir Tableau 4-4) permettent parallèlement de connaître le pourcentage de la surface du territoire occupé par le réseau routier ainsi que le pourcentage d'évolution de ce dernier.

Tableau 4-4 – Évolution de la surface occupée par le réseau routier dans les secteurs à l'étude

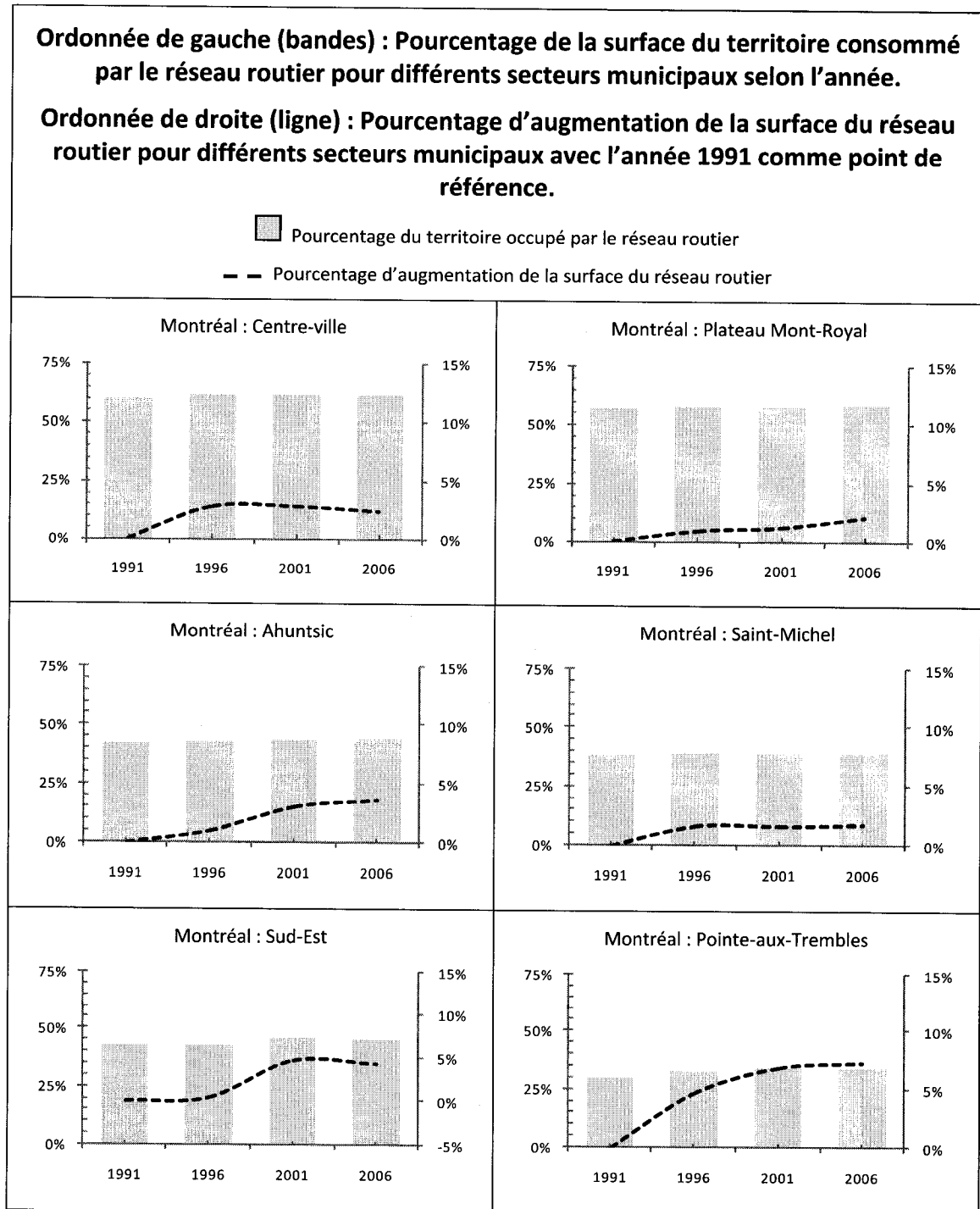


Tableau 4-4 – Évolution de la surface occupée par le réseau routier dans les secteurs à l'étude (suite)

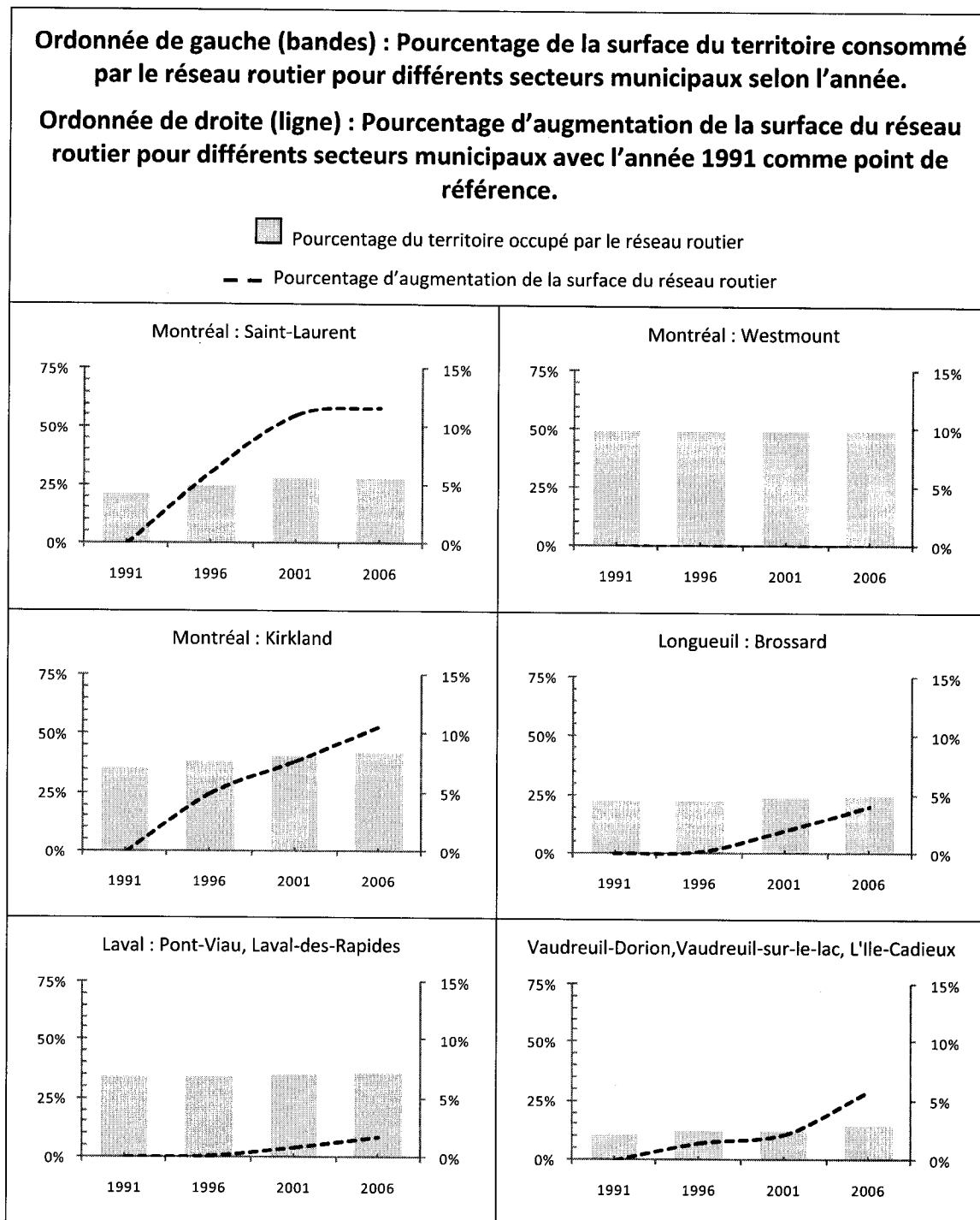
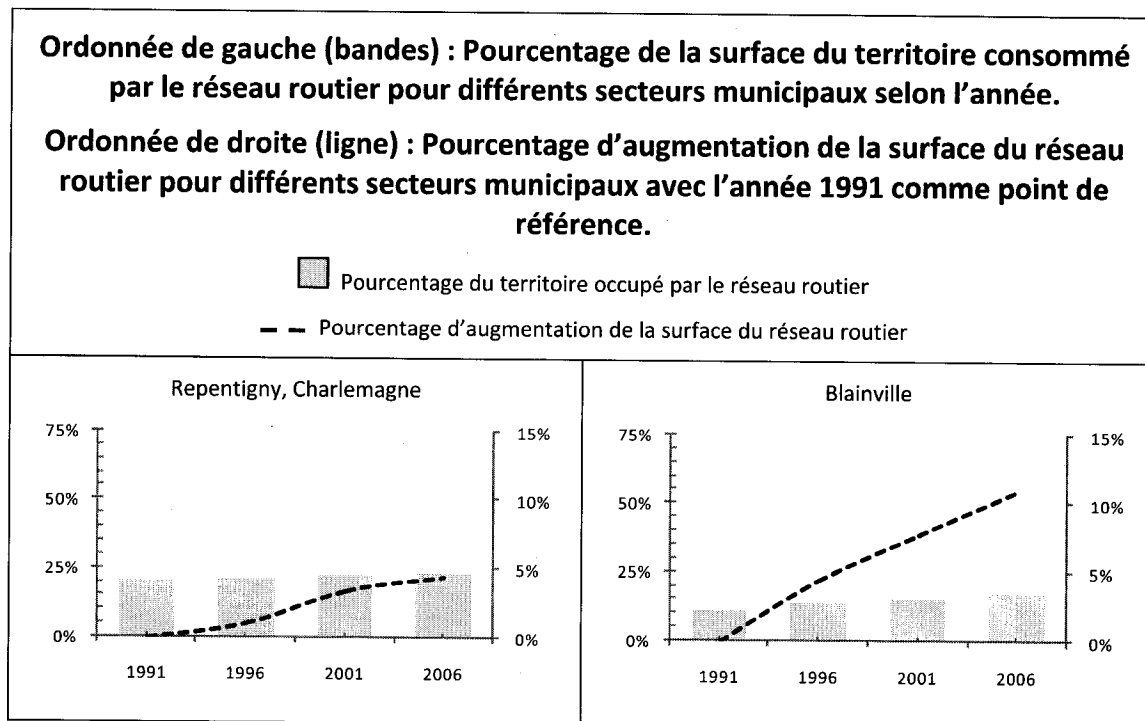


Tableau 4-4 – Évolution de la surface occupée par le réseau routier dans les secteurs à l'étude (suite)



Le constat reste le même, le réseau occupe beaucoup d'espace dans les secteurs centraux mais évolue moins rapidement, contrairement aux secteurs plus en périphérie. Toutefois, on peut percevoir que le Centre-ville de Montréal comme l'arrondissement Sud-Est présentent une évolution négative en 2001 et 2006 pour le premier et en 2006 pour le second. Ce phénomène s'explique par le fait que les bases de données, telles que mentionnées précédemment, diffèrent d'une année à l'autre ainsi une marge d'erreur existe qui parfois peut conduire à une évolution négative.

Si les secteurs centraux, tel que le Plateau Mont-Royal, dénotent la maturité du réseau routier due à une part élevée d'occupation du territoire et à une évolution presque nulle, à l'inverse, les secteurs en périphéries, tel que Blainville, montrent une part faible d'occupation du territoire laissant place à une augmentation plus vigoureuse du

réseau routier année après année. Donc, les résultats du SM de Blainville, secteur de la périphérie, représentent bien l'un des aspects symptomatiques de l'étalement urbain.

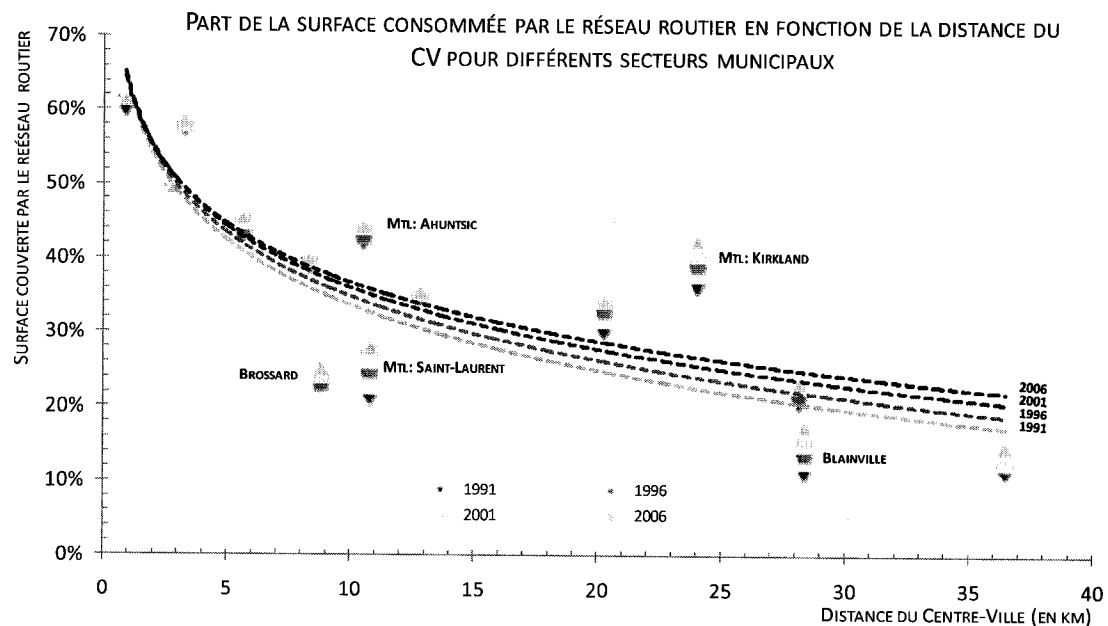


Figure 4-13 – Pourcentage de chaque secteur occupé par le réseau routier en fonction de la distance du Centre-ville

La Figure 4-13 synthétise les informations précédentes, soient que les plus fortes augmentations de la surface du réseau routier se trouvent en périphérie de l'agglomération de Montréal.

4.3.2.1. LE RÉSEAU ROUTIER VERSUS LA POPULATION

Dans un tout autre registre, il est possible d'analyser la longueur ou la surface du réseau routier par habitant (Nicolas, Pochet *et al.*, 2001a; 2002; Litman, 2007). Soit l'équation suivante :

$$RSP_{SM} = \frac{S}{Hab_{SM}}$$

Où RSP_{SM} est le ratio S , surface du réseau routier en m^2 pour le SM , par Hab_{SM} , nombre d'habitant pour le SM . Cette mesure s'inscrit plutôt dans l'analyse de la mobilité urbaine. Par conséquent, plus la surface de réseau routier par personne est importante, plus la mobilité sera élevée (voir Figure 4-14).

Répartition, en 2006, de la surface (m^2) de réseau routier par habitant.



Figure 4-14 – Répartition, en 2006, de la surface (m^2) de réseau routier par habitant

Les ratios les plus élevés, pour l'année 2006, se trouvent tous en périphérie de l'agglomération. Si nous regardons les années 1991, 1996, 2001 et 2006, nous constatons que l'augmentation de la population en périphérie n'est pas proportionnelle avec une augmentation du réseau routier (voir Figure 4-15). Le nombre d'habitants augmente plus rapidement que la surface du réseau routier.

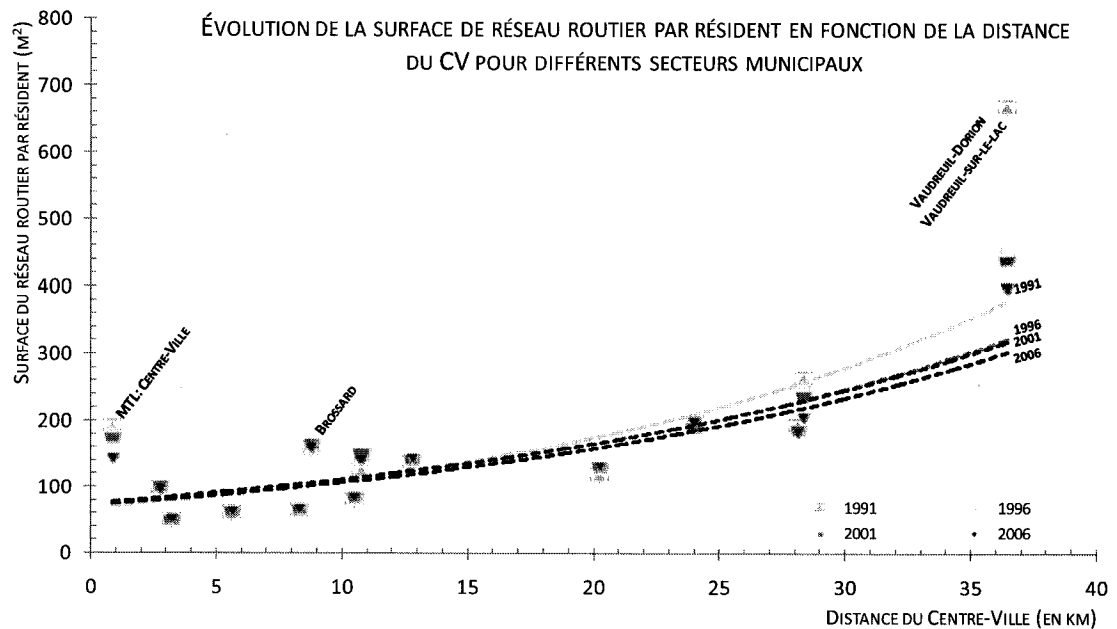


Figure 4-15 – Le ratio de la surface (m²) de réseau routier par individus en fonction de la distance du Centre-ville

Toujours dans l'effort de rendre dynamiques les indicateurs, les mesures faites auparavant, heure par heure, de la population et de sa densité peuvent être mises à contribution. L'approche est simple, il s'agit de savoir combien il y a de m² de réseau par personne mobile, heure par heure, pour les secteurs municipaux (voir Tableau 4-5).

Soit, $RSP_h = \frac{S}{Pop.Jr_h}$, où RSP_h est le ratio de S , surface du réseau routier en m² pour le SM , par $Pop.Jr_h$, la population de jour à l'heure h pour le SM .

Tableau 4-5 – Évolution, heure par heure, de la superficie du réseau routier par la population de jour ($\text{m}^2/\text{individu}$), personne mobile seulement, des secteurs municipaux à l'étude

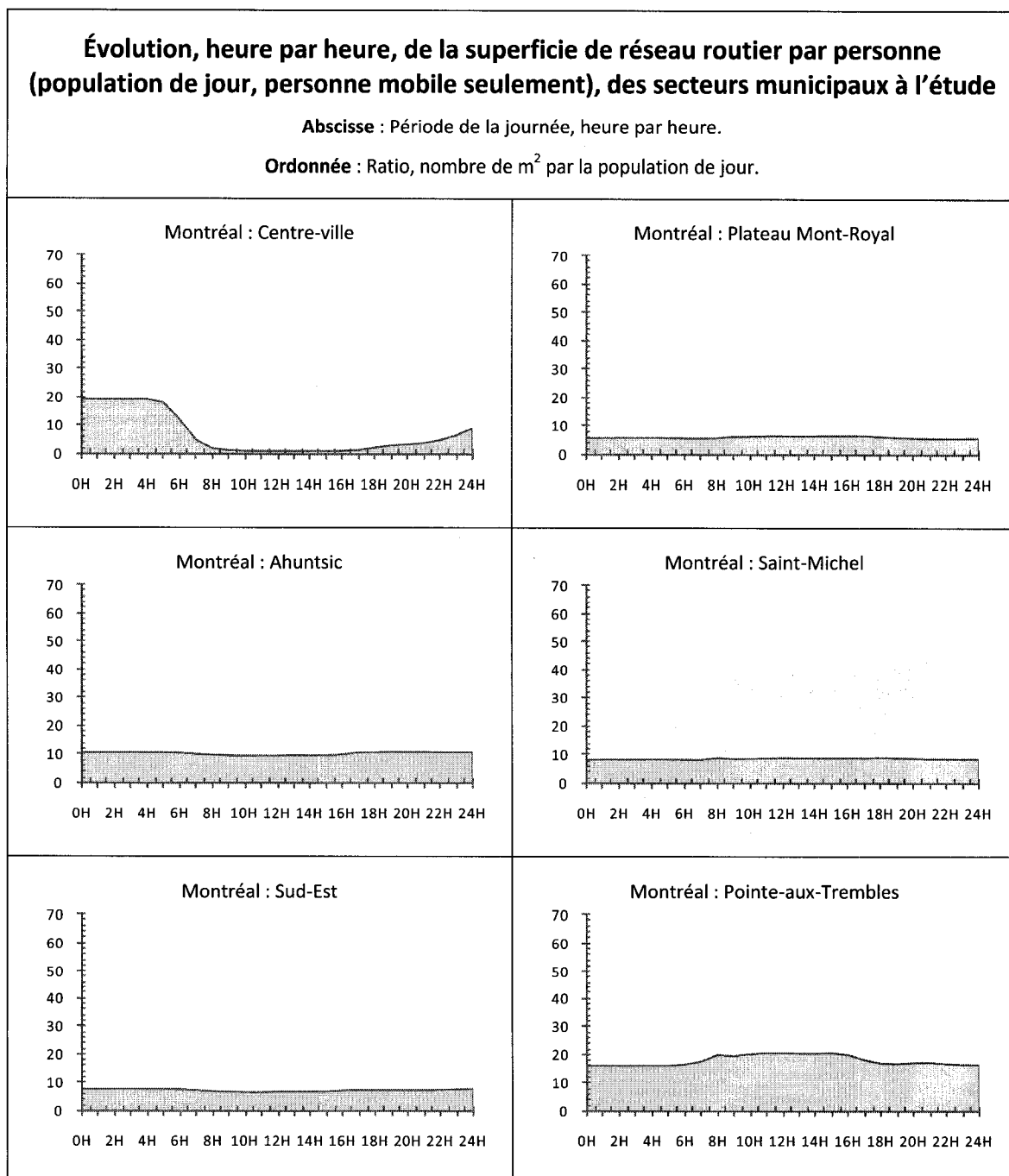


Tableau 4-5 – Évolution, heure par heure, de la superficie du réseau routier par la population de jour (m^2 /individu), personne mobile seulement, des secteurs municipaux à l'étude (suite)

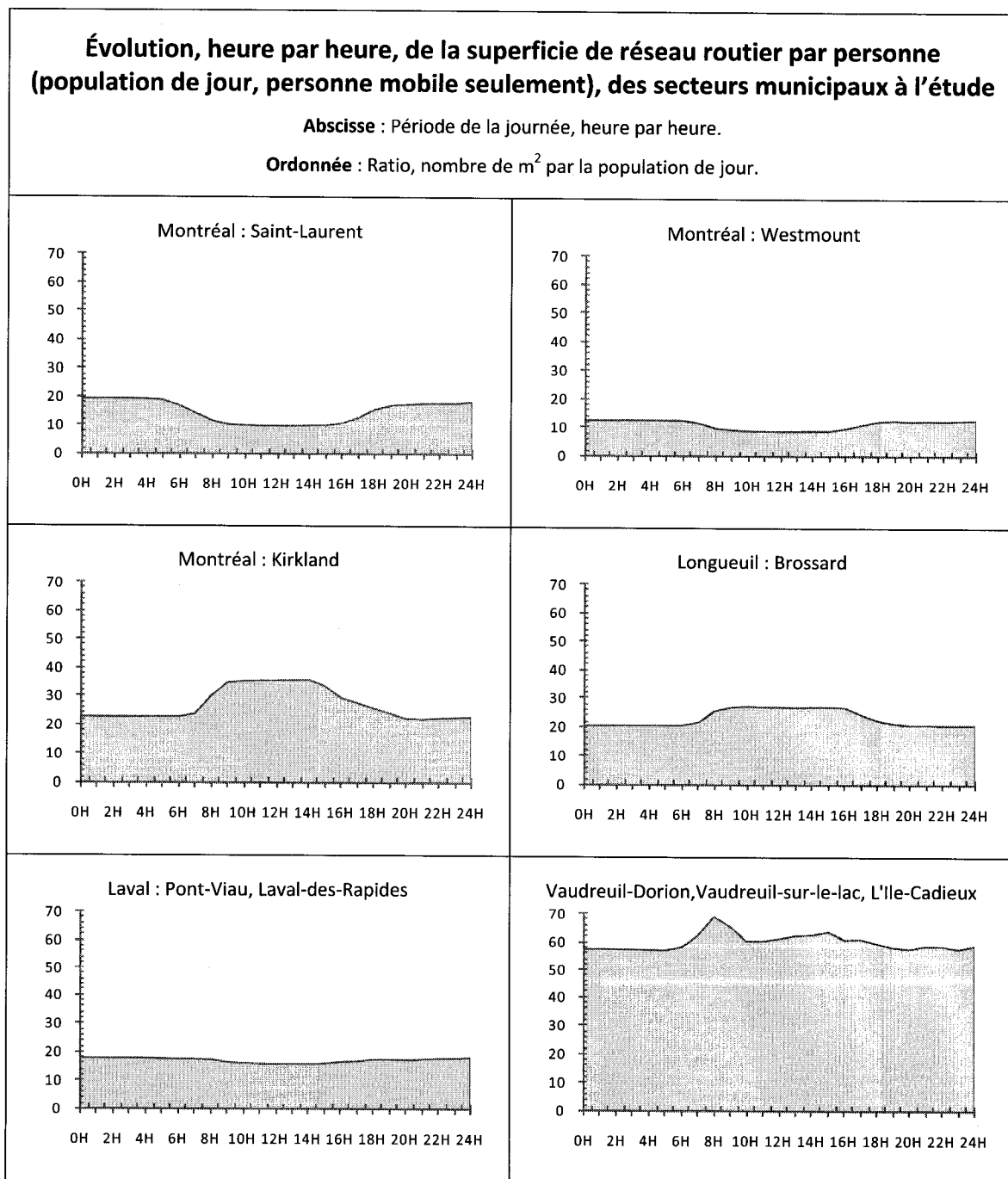
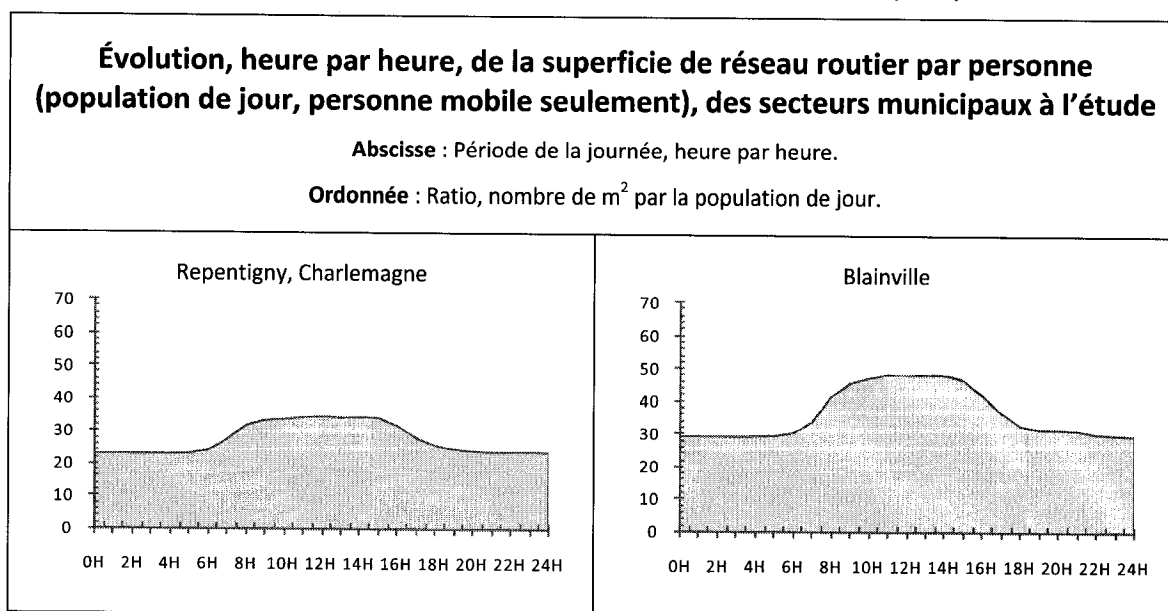


Tableau 4-5 – Évolution, heure par heure, de la superficie du réseau routier par la population de jour (m^2 /individu), personne mobile seulement, des secteurs municipaux à l'étude (suite)



Globalement, plus le secteur est éloigné du Centre-ville, plus le ratio de la superficie du réseau routier par personne est élevé. De plus, l'évolution du ratio durant la journée permet encore de constater que les secteurs en périphérie voient leur nombre d'individus en leur sein diminuer (augmentation du ratio) au profit des secteurs centraux (diminution du ratio).

Le secteur Vaudreuil-Dorion / Vaudreuil-sur-le-lac / L'Ile-Cadieux présente une particularité avec une pointe à 8h le matin (voir Figure 4-16). Cette pointe s'explique simplement par le fait qu'il y ait un certain décalage entre le départ des personnes du secteur (départ fait majoritairement avant 8h) et l'arrivée, d'un certain nombre de personnes (arrivée fait majoritairement avant 9h). Une part non-négligeable des personnes dans le secteur, à partir de 8h, se sont déplacées pour des motifs de travail et d'études.

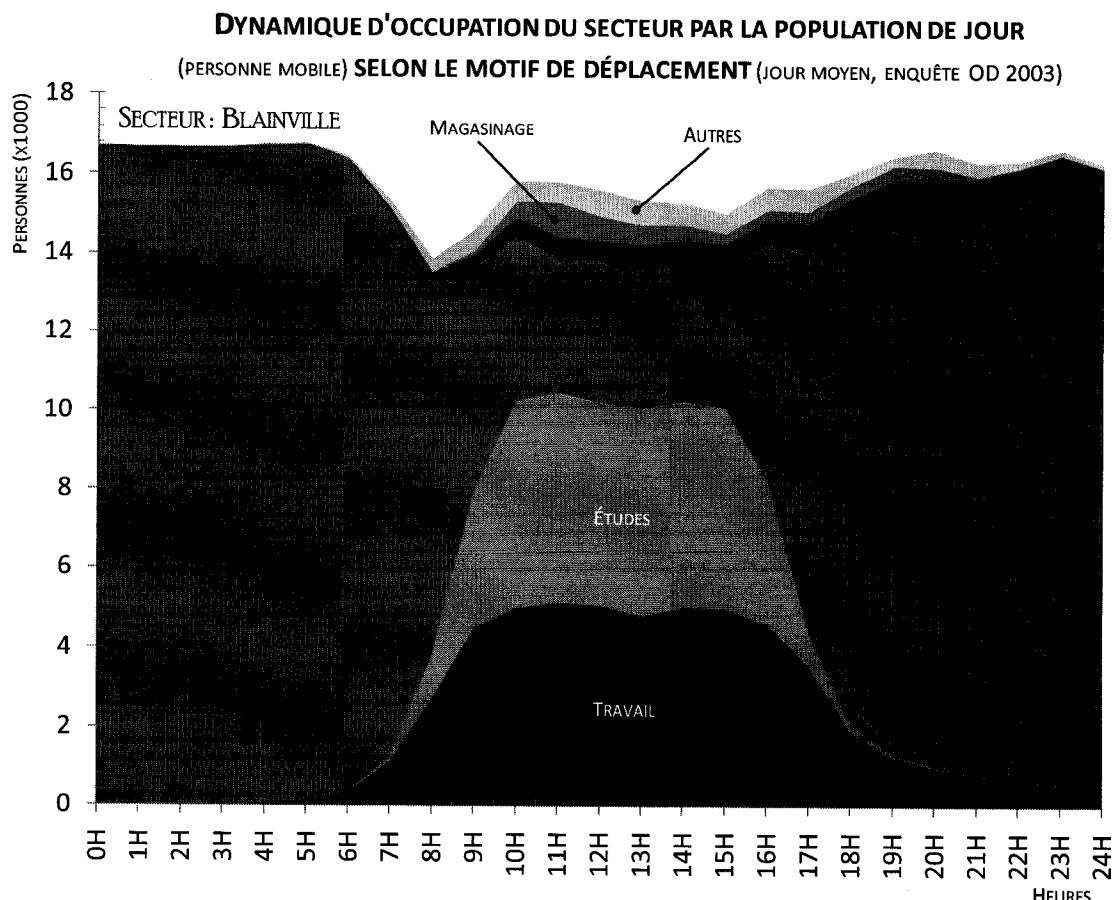


Figure 4-16 – Dynamique d’occupation du secteur par la population de jour selon le motif de déplacement

D’autres approches sont intéressantes, telles que l’utilisation des données sur les stationnements, mentionnées à la Figure 4-9. Il serait possible de déterminer l’espace occupé par ces derniers, dans quel secteur, le ratio de la surface par automobiliste et autres. Dans une autre approche, les infrastructures de transport pourraient être considérés en fonction de leur vocation modale, c’est-à-dire, les infrastructures pour le train, les autobus, les automobiles, les camions de marchandises, les vélos, les piétons et autres.

4.4. ACCÈS AU TERRITOIRE

4.4.1. DÉFINITION ET SOURCES DE DONNÉES

Essentielle pour une partie de la population, la présence du transport collectif leur assure une autonomie et une indépendance dans leurs déplacements. Afin d'évaluer une telle autonomie et indépendance, il faut considérer deux aspects, soit une de nature spatiale (la capacité à rejoindre différents lieux d'activité) et une de nature temporelle (en fonction de l'heure de la journée). L'indicateur présenté dans cette section traite parallèlement les deux aspects, ce qui permet de rendre perceptible l'ensemble des opportunités d'accès au territoire en transport en commun.

Les principes de transport durable (OCDE, 1996) soulignent l'importance d'améliorer l'égalité des chances et des opportunités des individus pour ce qui est de leur capacité d'accéder aux différents lieux d'activité sur le territoire (emplois et services).

L'indicateur proposé permet donc d'estimer, selon le niveau désiré, la capacité d'accès au territoire en transport en commun dans une logique autant spatiale que temporelle.

L'accessibilité est sans doute l'un des éléments les plus structurants du territoire. Il est constitué d'un ensemble de facteurs déterminant la capacité, selon le degré d'importance accordé par la personne, à atteindre divers endroits sur le territoire. On peut penser que généralement les endroits qui se doivent d'être accessibles pour une personne sont le lieu de travail, les services de « proximité » et pour plusieurs, les lieux de résidence des parents et amis. En fait, la localisation du lieu d'habitation devient

l'élément clé pour établir l'accessibilité. Le choix d'un lieu de résidence est entre autres influencé par le prix, le ou les besoins de la ou du conjoint(e) et bien d'autres facteurs.

Il n'en reste pas moins que la localisation des individus sur le territoire agit de façon prépondérante sur le transport et vice versa. La notion d'accessibilité en est une qui va de pair avec celle de la mobilité urbaine. Dès lors, les éléments tels que le temps, la distance et le coût des déplacements sont des indicateurs importants pour mesurer le niveau d'accessibilité. De plus, selon Litman (2007), on se doit de considérer d'autres éléments dans la mesure du niveau d'accessibilité, soit le confort du service de TC, le risque, le nombre de services de TC différents disponibles dans un rayon donné, la connectivité du réseau et bien d'autres. La Figure 4-17 résume les différents éléments pouvant influencer le niveau d'accessibilité.

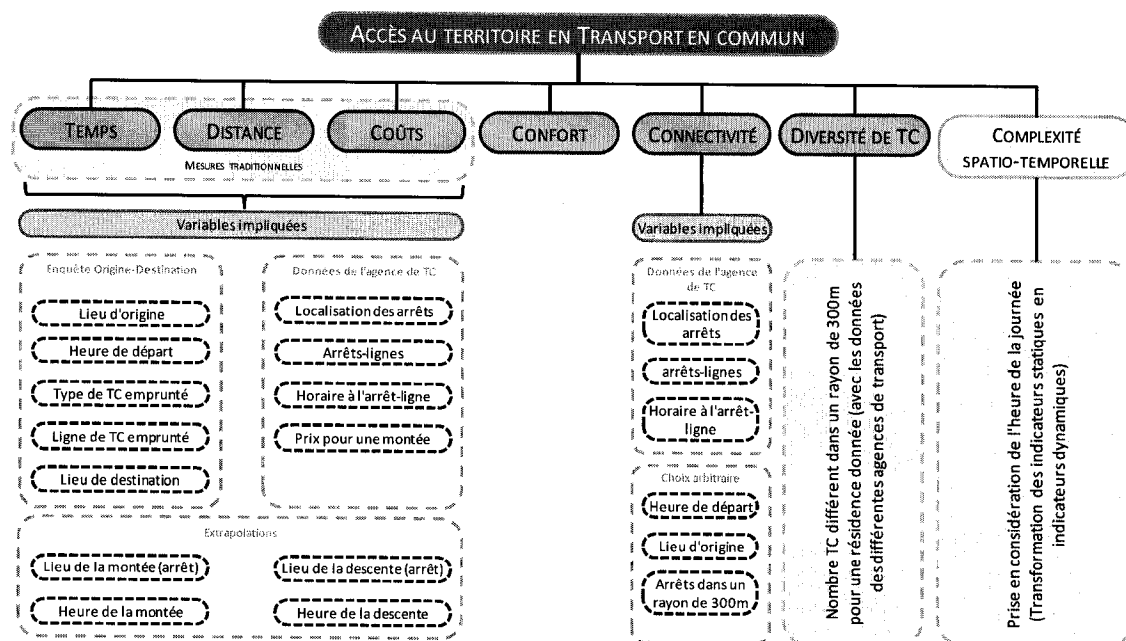


Figure 4-17 – Différentes mesures possibles de l'accessibilité en transport en commun

Les indicateurs traditionnels sont le temps, la distance et le coût. Généralement, ces variables sont calculées à l'aide d'un modèle d'affectation, tel que MADITUC² (Chapleau, Allard *et al.*, 1982; Chapleau, 1992). Pour ce qui est du confort, cet indicateur est plutôt subjectif, c'est-à-dire que le niveau souhaité de confort ou bien encore le niveau de tolérance à l'inconfort varie de personne en personne. La diversité du TC, est une mesure qui vise à rendre compte du nombre de TC différents disponibles dans un rayon donné. Il peut y avoir un réseau d'autobus local, d'autobus métropolitain, d'autobus régional, de métro, de train et autres (l'approche la plus simple est de dénombrer pour un domicile quelconque le nombre de TC différents disponibles dans un rayon donné). Finalement, la connectivité permet de rendre compte de l'étendue du service de TC représenté par des niveaux, ce dernier sera explicité ultérieurement.

La réflexion qui est poursuivie dans ce mémoire s'accorde à croire que l'application de la mobilité durable passe avant tout par la prise en considération de la complexité spatio-temporelle des problèmes de transport. Citons comme exemple, à l'échelle de l'agglomération, la grande disparité dans la fréquence et le nombre de parcours des autobus sur une période de 24 heures. Or, dans cette section il n'est pas question de réfuter ou bien de promouvoir les différentes mesures possibles de l'accessibilité, mais

² MADITUC (Modèle d'Analyse Désagrégée des Itinéraires de Transport Urbain Collectif) permet, entre autres, de reconstituer les itinéraires des personnes, à l'aide des données issues des enquêtes OD.

bien de présenter une méthode permettant de rendre dynamique certaines de ces mesures et ainsi percevoir les disparités d'accessibilité dans une journée.

De plus, le TC semble l'un des principaux outils pour tendre vers une mobilité durable; à l'inverse les déplacements en auto-solo contribuent de façon significative à la détérioration de l'environnement tant au niveau local que régional. Donc, l'amélioration du service (vitesse, temps, confort et autres) des TC améliore sa fréquentation et par conséquent le bilan de la mobilité durable.

Litman (2005; 2007) aborde différents indicateurs dont certains intègrent le temps d'accès aux services de TC, tandis que d'autres considèrent la distance. Par exemple, le niveau d'accessibilité du transport en commun selon la distance des arrêts d'autobus. Dans cette mesure les différentes périodes de la journée ne sont pas examinées et par conséquent un arrêt d'autobus est considéré actif toute la journée et la fréquence de service à celui-ci est jugée constante.

Mesurer la dynamique d'accessibilité à l'autobus nécessite de considérer, heure par heure, les arrêts actifs et la fréquence de passage des autobus ainsi que la distance de ces arrêts. Les indicateurs retenus ici, sont :

- L'évolution du potentiel d'accès au territoire en transport en commun en fonction du nombre d'arrêts-heure et d'une distance de marche autour des arrêts;
- L'évolution du potentiel d'accès au territoire en transport en commun en fonction du niveau (transfert) et d'une distance de marche autour des arrêts.

4.4.2. MÉTHODOLOGIE SPÉCIFIQUE ET RÉSULTATS

La première mesure retenue, dans une approche statique, nécessite des données sur la localisation des arrêts des TC sur le territoire. Pour un domicile quelconque, il est

dénombré pour un rayon donné (par exemple : 500m ou bien 300m pour les personnes âgées) tous les arrêts. Pour une approche dynamique, il devient dès lors nécessaire de dénombrer, heure par heure, le nombre d'arrêts actifs pour un rayon donné autour du domicile. Ici, un arrêt actif correspond à un arrêt-ligne auquel il y a possibilité de monter à bord d'un véhicule de TC. Les données supplémentaires nécessaires sont les horaires des différents arrêts-lignes (données des agences de transport). Ces mesures livrent un aperçu du niveau de service disponible pour un endroit particulier, ce qui permet d'évaluer le niveau d'accessibilité au TC.

La deuxième mesure retenue, consiste à représenter l'étendue du réseau, à partir d'une origine quelconque, en considérant les transferts possibles entre les différentes lignes d'autobus, de métros, de trains et autres. Ici, un transfert effectué d'une ligne d'autobus à une autre détermine un changement de niveau. Un niveau correspond à l'ensemble des arrêts-lignes d'une ligne dont l'un des arrêts est dans un rayon de 500 mètres du domicile ou d'un autre arrêt.

Prenons l'exemple fictif de la Figure 4-18. Il nous faut dans un premier temps, établir le nombre de niveaux désirés ou observables (pour l'exercice, celui-ci est établi à 2). Pour un domicile quelconque (dans le schéma le domicile se trouve en bas à gauche), ils sont recensés tous les arrêts-lignes dans un rayon de 500 mètres (dans le schéma l'arrêt 1 de la ligne 1).

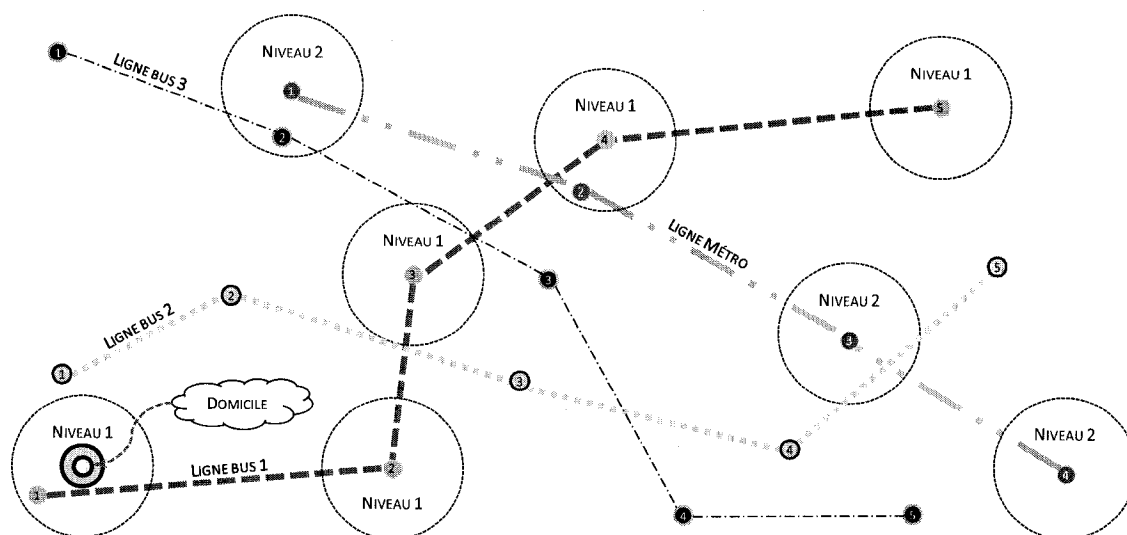


Figure 4-18 – Étendue de l'accessibilité du TC en fonction de niveaux

Le niveau 1 est constitué de l'ensemble des arrêts de la ligne 1. Pour le niveau 2, il faut au moins un autre arrêt à l'intérieur d'un rayon de 500 mètres de l'un des arrêts du niveau 1 (transferts possibles). C'est notamment le cas de l'arrêt 2 de la ligne de métro qui se trouve à proximité de l'arrêt 4 de la ligne de bus 1. Alors les arrêts de la ligne de métro deviennent le niveau 2. Maintenant, que toutes les possibilités du niveau 2 ont été établies, la construction des niveaux est terminée. Toutefois, si nous avons considéré un autre niveau, la ligne d'autobus 3 serait devenue le niveau 3.

Pour évaluer la capacité d'accès au territoire, l'ensemble des surfaces autour des arrêts compris dans le niveau 1 ou 2, soit dans un rayon de 500 mètres des arrêts, sont additionnées. Pour l'exemple, la superficie est de $6,28 \text{ km}^2$ pour le premier niveau et de $3,93 \text{ km}^2$ pour le deuxième, ce qui donne une superficie totale de plus de $10,21 \text{ km}^2$. Cette valeur est modifiée en fonction du nombre de niveaux considéré, du nombre d'arrêts, de la longueur du rayon autour du domicile et des arrêts ainsi que de la localisation du point de départ (domicile ou tout autre lieu).

Dans un cadre dynamique, les éléments, tels que la fréquence de passage, le temps d'attente pourraient affecter le « mécanisme » des transferts de TC et par conséquent l'interprétation possible des niveaux. Donc, selon le jour de la semaine et l'heure de la journée, le niveau d'accessibilité serait différent. En bref, cette mesure résume le territoire auquel peut accéder un usager, selon des circonstances spatio-temporelles précises, en utilisant une seule ligne de transport collectif (niveau 1) ou en effectuant une (niveau 2) ou plusieurs correspondances (niveaux subséquents).

4.5. CONSOMMATION DE L'ESPACE

4.5.1. DÉFINITION ET SOURCES DE DONNÉES

Les modes de transport solos, principalement la voiture, occupent une part importante d'espace. Bien que la proportion de voitures par résident en banlieue soit élevée, c'est pourtant dans les secteurs centraux que la densité automobile est la plus forte durant la journée. À titre d'exemple, Blainville a près de 0,9 voiture par résident (personne de 16 ans et plus) comparativement au secteur du Centre-ville qui a moins de 0,32 voiture par résident. Toutefois, durant la journée les automobilistes envahissent le réseau routier et les stationnements des secteurs centraux, contribuant à divers problèmes, tels que la diminution de la qualité de vie des résidents.

L'indicateur de la dynamique de consommation de l'espace de la population automobile permet d'aborder principalement des problèmes environnementaux et de qualité de vie. Les concentrations élevées de voitures engendrent généralement des effets indésirables localement, tels que des émissions de polluants (Toronto Public Health, 2007), de la pollution sonore et visuelle (DfT, 2005), des risques d'accidents plus élevés (AAA, 2008) et autres.

Les résultats de l'indicateur traité dans cette section sont utiles, dans la mesure où ils permettent de déterminer les secteurs avec une concentration de véhicules importante (indicateur descriptif) ainsi que les déséquilibres qui sont engendrés par le déplacement massif de plusieurs véhicules dans des secteurs critiques. Il permet aussi de révéler combien les véhicules, en tant qu'entité physique, occupent un espace précieux dans les territoires denses pendant la journée tout en requérant aussi des espaces en périphérie pour y passer la nuit. Les déplacements automobiles entraînent une consommation importante de l'espace, non seulement sur le réseau routier mais aussi lorsque celles-ci sont stationnées, soit près de 80 % de leur temps (RAC Foundation, 2004). Des politiques et des interventions ciblées permettront de remédier aux problèmes locaux (environnement et qualité de vie) et ainsi tendre vers une plus grande durabilité.

Nicolas (2002), aborde cet indicateur en fonction de la *Consommation individuelle quotidienne d'espace public pour se déplacer suivant le lieu de résidence dans l'agglomération*. Cette approche est statique, car elle ne permet pas de suivre l'évolution durant la journée. Afin de rendre cet indicateur dynamique, la consommation d'espace est mesurée, heure par heure, pour la population d'automobiles selon leur lieu de repos (stationnement) et de circulation. L'indicateur retenu est la dynamique de consommation de l'espace ($m^2.h/secteur$) pour la population automobile au repos et en circulation.

La Figure 4-19 synthétise les éléments compris dans le concept de l'espace consommé par les véhicules.

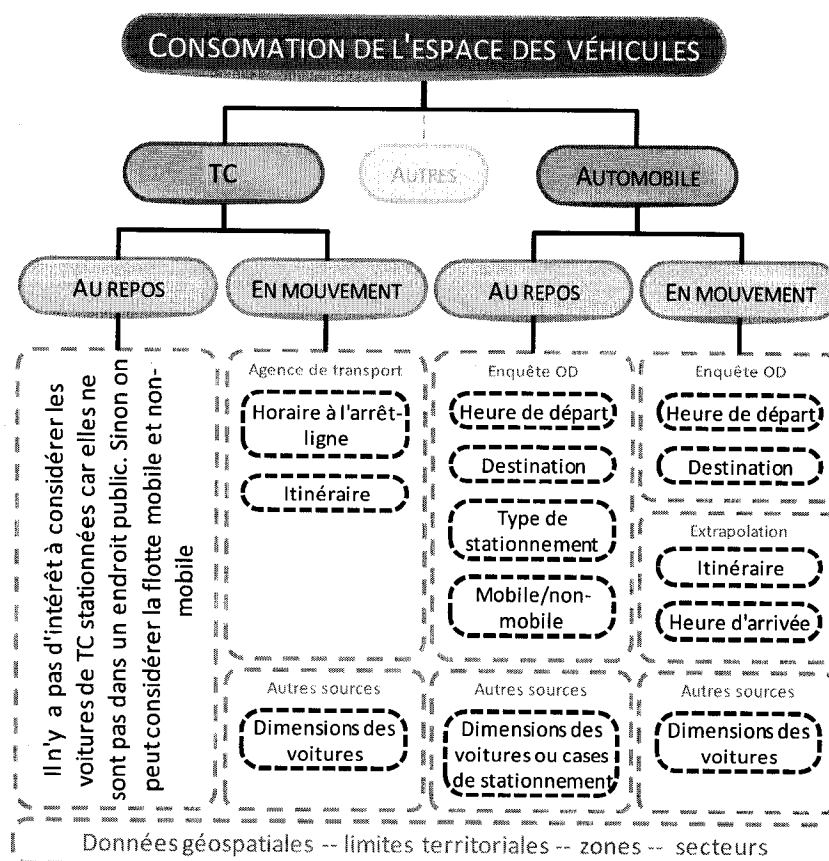


Figure 4-19 – Les éléments compris dans le concept de l'espace consommé par les véhicules

L'indicateur de la consommation d'espace des véhicules peut être bonifié par la prise en considération des différents modes, principalement le TC et l'automobile. Ici, il y a deux types de consommation de l'espace qui nous intéressent, l'espace consommé au repos et en circulation. Concernant le mode automobile, la majorité des données pertinentes se trouvent dans l'enquête OD. Toutefois, pour ce qui est de l'itinéraire, un modèle d'affectation peut s'avérer intéressant. Pour les dimensions des voitures, une simple moyenne suffit. Pour ce qui est des variables nécessaires pour mesurer l'espace consommé par les véhicules de TC, celles-ci devraient être disponibles dans les agences de transport.

4.5.2. MÉTHODOLOGIE SPÉCIFIQUE ET RÉSULTATS

À la manière de l'indicateur de la dynamique d'occupation du territoire de la population de jour, vu précédemment, la densité de voiture par km² est mesurée, heure par heure. Soit l'équation suivante :

$$Dv_h = \frac{Veh.Jr_h}{Aire_{SM}}$$

Où Dv_h est la densité (véhicules/km²) à l'heure h pour le SM , $Veh.Jr_h$ est le nombre de véhicules présents à l'heure h pour le SM , et finalement $Aire_{SM}$ est la superficie en km² du SM .

Deuxièmement, il est prévu de mesurer, heure par heure, le ratio de voitures par personne (population de jour). Soit l'équation suivante :

$$RVP_h = \frac{Veh.Jr_h}{Pop.Jr_h}$$

Où RVP_h est le ratio de véhicules par personne à l'heure h pour le SM et où $Pop.Jr_h$ est la population de jour présente à l'heure h pour le SM .

Et finalement, est mesuré, à l'aide des dimensions moyennes d'un véhicule, l'espace-heure consommé, heure par heure, par les véhicules pour les différents secteurs. Soit l'équation suivante :

$$EHCPV_h = Veh.Jr_h \times s.$$

Où $EHCPV_h$ est l'espace-heure consommé par les véhicules à l'heure h pour le SM , où $Veh.Jr_h$ est le nombre de véhicules présents à l'heure h pour le SM , et finalement s est la superficie moyenne en m^2 d'une voiture.

Ce qui nous intéresse pour cette dernière mesure, c'est l'espace consommé par les véhicules sur l'espace public car c'est principalement cet espace, dû à l'achalandage élevé, qui engendre des problèmes environnementaux et de qualité de vie.

Selon Jean-Pierre Nicolas (2002), bien qu'individuellement les résidents des secteurs centraux, où la densité de la population y est élevée, polluent dans une part beaucoup moindre que les résidents de la périphérie de l'agglomération, ce sont les secteurs centraux qui possèdent le plus haut niveau de pollution et d'irritants pour les personnes car la concentration de véhicules y est beaucoup plus importante.

4.6. CONSOMMATION D'ÉNERGIE

4.6.1. DÉFINITION ET SOURCES DE DONNÉES

Dans une perspective de transport et de mobilité durable, la consommation d'énergie est un facteur prépondérant. La consommation d'énergie, principalement le pétrole, dont l'offre, semble-t-il, n'arrive plus à suffire à la demande, est considérée comme un élément non-durable. Donc, l'épuisement du pétrole ainsi que les rejets lors de sa combustion dénotent l'aspect non-durable de son utilisation. D'ores et déjà, plusieurs énergies alternatives ont fait leur apparition dont l'utilisation de certaines provoque tout autant de problèmes, notamment l'éthanol. Nombreux sont ceux qui transforment des cultures destinées à l'alimentation pour satisfaire la demande de ce biocarburant faisant, entre autres, augmenter le prix du maïs sur le marché mondial et descendre le pouvoir d'achat des régions pauvres.

Le transport au Québec est le secteur le plus énergivore. Il a émis, en 2005, près de 39% de tous les gaz à effet de serre de la province (Transports Québec, 2007).

L'utilisation d'un indicateur sur la consommation d'énergie permettra d'évaluer l'efficacité énergétique quant aux comportements des individus (heure par heure de la journée) et quant aux décisions des acteurs publics. Ainsi, pourront être mis de l'avant, les comportements et les décisions bénéfiques à la société (qui respectent les principes de développement durable).

Pour le présent exercice, seule l'énergie fossile est considérée car elle représente, en transport, la grande majorité de la consommation d'énergie. L'indicateur retenu est la consommation d'énergie fossile en litre, heure par heure, selon le secteur dans lequel circulent les véhicules. En termes de durabilité, il est souhaitable de réduire la consommation d'énergie.

Il existe différents facteurs (voir Figure 4-20) qui peuvent influencer le niveau de consommation en transport (Litman, 2008), principalement, la réduction du nombre de déplacements motorisés, l'apparition de nouvelles technologies (moteurs plus efficaces, voitures plus petites...), les changements dans le temps de parcours des véhicules, les changements dans la distance parcourue par les véhicules et les changements de la vitesse de parcours des véhicules. Dans ce contexte, il est suggéré de prendre en considération chacune de ces variables.

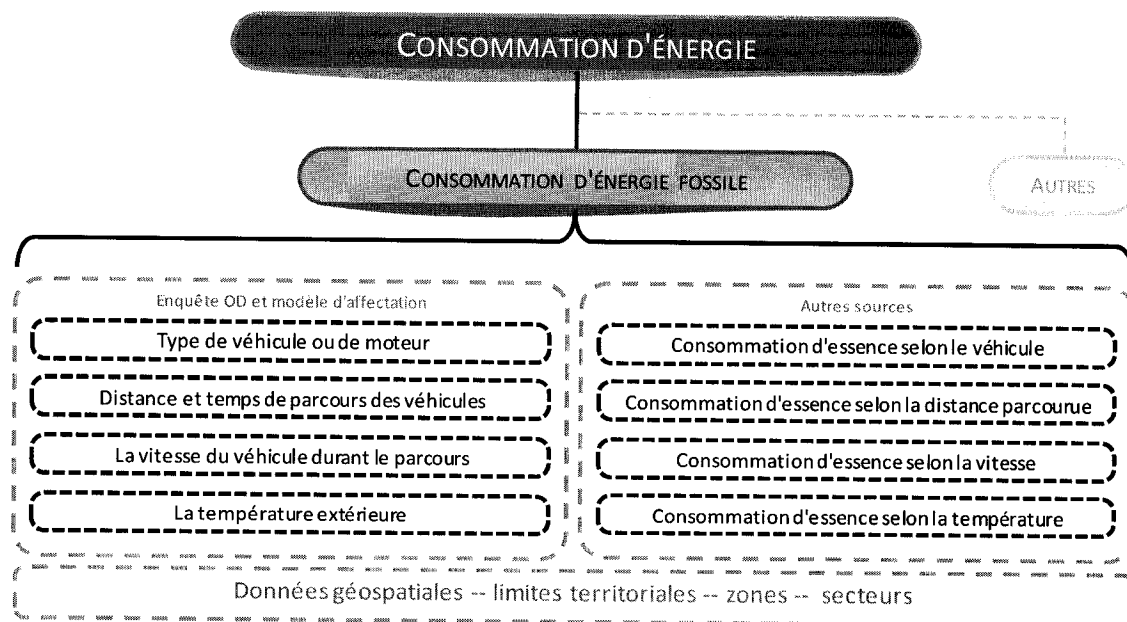


Figure 4-20 – Éléments considérés dans la construction de l'indicateur de consommation d'énergie

À l'aide des données de l'enquête OD et d'un modèle d'affectation routière, il est possible de générer une part importante des variables nécessaires à la construction de l'indicateur. Cependant, il semble peu probable de déterminer précisément le type de voiture (ou de moteur) correspondant à un déplacement. Peut-être une question supplémentaire dans l'enquête OD permettrait de combler ce vide.

Les variables de consommation d'essence (litre/100km) en ville et sur route sont disponibles sur le site Internet de Ressources Naturelles du Canada (Office de l'efficacité énergétique, 2008). Bien que le site fasse une distinction entre la consommation en ville et sur route (vitesses basses et vitesses élevées), certaines études (cité dans Transport Demand Management Encyclopedia, 2007) illustrent l'influence de la vitesse et de la température extérieure sur la consommation d'essence des véhicules.

4.6.2. MÉTHODOLOGIE SPÉCIFIQUE

La construction de l'indicateur de la consommation d'énergie peut s'effectuer avec l'utilisation d'un logiciel, tel que Mobile6. Celui-ci estime, pour chaque secteur, la consommation totale d'essence fait sur son territoire. Cet indicateur statique, doit tenir compte lors des calculs de consommation :

- du **type de véhicule** car selon le modèle et le moteur la consommation y est plus ou moins importante;
- de la **température extérieure** car à des températures basses et hautes, le moteur est plus sollicité. Dans un premier temps, le moteur doit se réchauffer et l'utilisation du système de chauffage augmente la consommation d'essence. Et dans un deuxième temps, l'utilisation du système de climatisation engendre lui aussi des hausses dans la consommation d'essence;
- de l'ensemble des variables constituant le déplacement lui-même, soit, la **distance**, le **temps**, la **vitesse**. Une attention particulière doit être portée à l'élément vitesse car à basses vitesses comme à hautes vitesses le ratio de consommation d'essence versus la distance parcourue n'est pas optimal. Les vitesses optimales (TDM Encyclopedia, 2008) se situent environ entre 55 km/h et 90 km/h.

Donc, pour chaque variation significative de la température extérieure et de la vitesse d'un véhicule, la simulation recalcule la consommation. Ensuite, elle somme le tout permettant ainsi d'estimer pour un secteur la consommation d'essence quotidienne.

L'indicateur permet de déterminer les endroits où la consommation d'énergie est problématique, peu efficace et où elle est possiblement un élément alarmant pour la santé et la sécurité (émanations de gaz). Dans une approche dynamique, l'indicateur permet d'évaluer les mêmes éléments, à l'exception que cette fois la consommation

d'essence y est estimée pour 24 périodes de 1 heure. L'application de l'approche dynamique laissera paraître des pointes de consommation importantes pour certaines périodes de la journée.

D'autres éléments peuvent être intéressants :

- Pondérer la consommation d'essence par la population de jour ou les automobilistes présents dans le secteur;
- Évaluer la consommation d'essence en fonction du lieu de résidence plutôt que selon la localisation en temps réel;
- Estimer la consommation d'essence en fonction du mode de transport ou bien encore selon le motif de déplacement;
- Faire un parallèle avec le prix de l'essence à la pompe (voir Figure 4-21). Est-ce qu'une augmentation des prix de l'essence correspond à une diminution de la consommation?

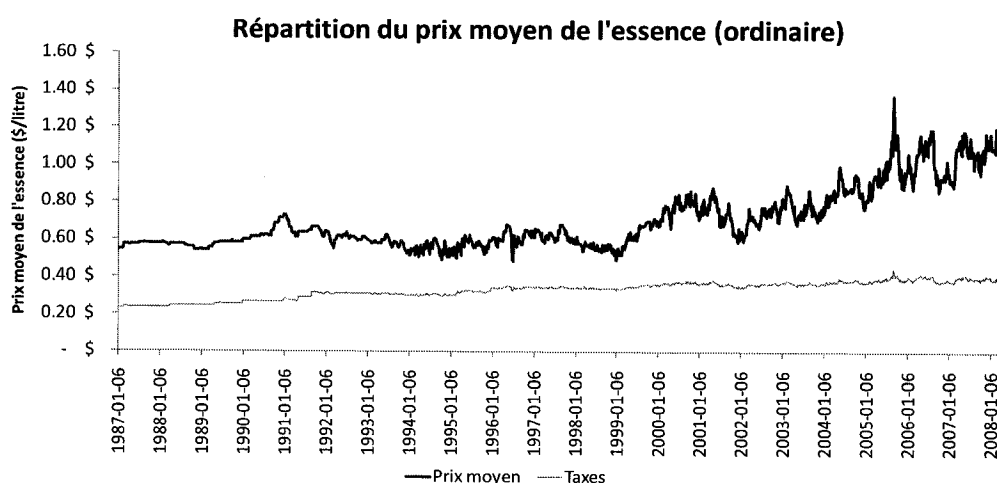


Figure 4-21 – Répartition du prix moyen de l'essence ordinaire (Ressources naturelles du Canada, 2008)

Dans l'exemple présenté, nous avons abordé la consommation d'énergie en ne traitant que les produits dérivés du pétrole. Dans une perspective de développement durable des transports, il serait nécessaire de considérer l'ensemble des énergies, telles que le gaz naturel, l'éthanol, l'électricité et autres. Le nombre de kilojoules dépensés devrait permettre une telle analyse.

4.7. FRAGMENTATION DE L'ESPACE

4.7.1. DÉFINITION ET SOURCES DE DONNÉES

Au niveau de l'environnement, la fragmentation de l'espace, telle qu'abordée par Lautso (2004), a un impact non-négligeable sur la biodiversité et la conservation des espaces naturels. Les routes et autoroutes en milieu naturel se comportent comme une barrière limitant considérablement les déplacements des animaux et entraînent la mort de plusieurs animaux. Sur le territoire il existe une multitude de ces barrières physico-spatiales. L'ensemble de ces barrières engendrent plusieurs zones plus ou moins enclavées.

Dans une autre mesure, les infrastructures de transport provoquent, à certains lieux, des barrières socioculturelles et socioéconomiques. La dynamique d'un quartier peut être considérablement éprouvée par la mise en place d'une infrastructure lourde comme une autoroute. La voie rapide scinde à deux l'espace limitant ainsi les échanges et les déplacements au niveau local. Comme l'explique Jean Robert (2005), « [...] la vitesse n'est pas rentable socialement, ou plutôt [...] la vitesse profite à une certaine classe de personnes au détriment d'une autre. Chaque gain de vitesse des uns se paye par un ralentissement des autres (que l'on pense à la durée nécessaire pour traverser une autoroute, ou aux détours imposés aux piétons pour assurer le flux automobile). »

Ainsi, le réseau routier supérieur agit à deux niveaux, il améliore les déplacements et les communications au niveau métropolitain mais limitent ceux-ci au niveau local.

Bien que l'indicateur sur l'espace consommé par le réseau routier permette de rendre compte du niveau de fragmentation de l'espace, d'autres indicateurs semblent appropriés. Les indicateurs retenus sont :

- Surface moyenne (km^2), par secteur, des espaces naturels enclavés.
- Surface moyenne (km^2), par secteur, des espaces urbanisés enclavés.

Selon les principes de transport durable, tout individu s'orientant vers des modes de transport durable, tel que des transports actifs, a droit à un accès raisonnable aux personnes, aux lieux, aux biens et aux services.

De plus, l'augmentation de l'effet de fragmentation de l'espace influence la qualité de vie des secteurs. Le bien-être social, la sécurité, la santé et autres décroissent avec l'augmentation de l'effet de fragmentation de l'espace. Certains principes de durabilité soulignent l'importance de l'amélioration de la qualité de vie dans les communautés (OCDE, 1996).

Dans cet esprit, l'indicateur de fragmentation de l'espace urbain permet de mesurer l'impact des transports motorisés, majoritairement des automobiles, sur les déplacements locaux (déplacements à vélo et à pied) et par conséquent sur la qualité de vie dans les quartiers.

Ici, un territoire enclavé est une surface délimitée par des barrières physico-spatiales (voir exemple à l'annexe 2). Les barrières concernant les espaces naturels sont les zones urbanisées, le réseau routier supérieur et les artères principales. Les barrières qui nous intéressent le plus concernant les espaces urbanisés sont le réseau routier

supérieur et les artères principales. Ces barrières jumelées avec les barrières naturelles, par exemple un cours d'eau, ainsi que les autres barrières issues de l'activité humaine, telle qu'une carrière, permettront d'évaluer les zones enclavées sur le territoire pour les activités humaines au niveau local.

Dans une approche dynamique, les volumes de véhicules sur le réseau sont observés. Les endroits atteignant un certain volume sont considérés comme une barrière physico-spatiale et étant donné que les volumes changent d'heure en heure, il est possible d'observer l'évolution, au cours de la journée, de l'effet d'enclavement au niveau local dû aux transports.

Les différents éléments considérés dans les indicateurs de fragmentation de l'espace sont synthétisés à la Figure 4-22.

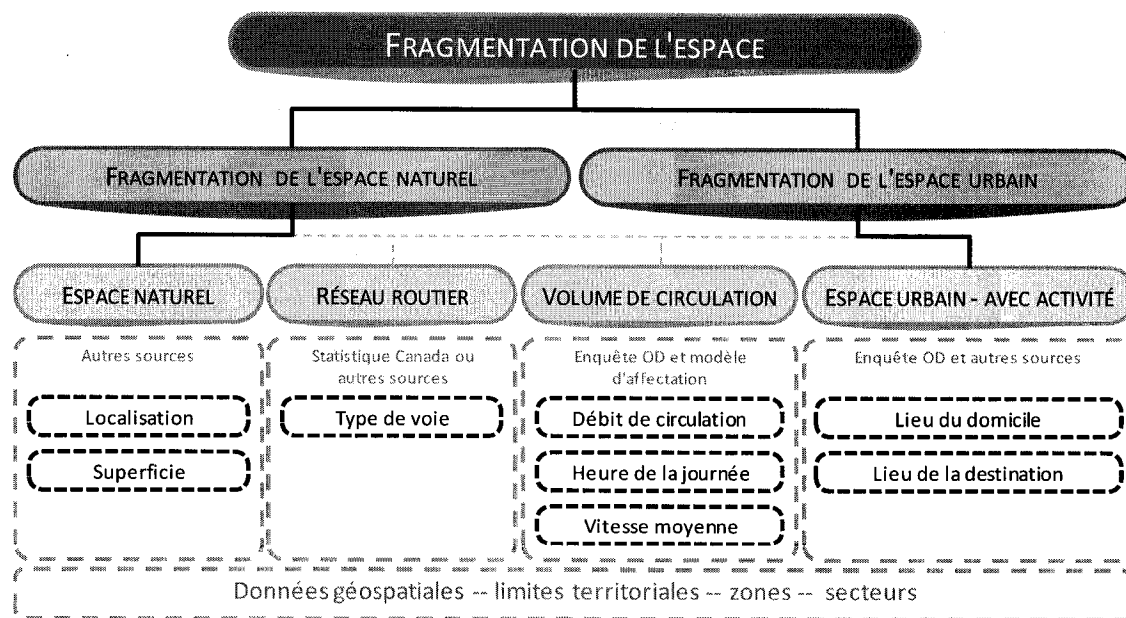


Figure 4-22 – Éléments considérés dans la construction des indicateurs de fragmentation de l'espace

L'utilisation des données géographiques de Statistiques Canada : le *Fichier du Réseau Routier et d'Extension des Traits* (FRRET) de 1996, le *Fichier Schématique du Réseau Routier* (FSRR) de 2001 ou les *Fichier du Réseau Routier* (FRR) de 1991 ou de 2006 fournissent les éléments nécessaires (objets représentant le réseau routier) pour mesurer les indicateurs dans une approche statique. Toutefois, dans une approche dynamique, il est nécessaire d'avoir des données supplémentaires concernant le volume de la circulation sur l'ensemble du réseau. Toujours à l'aide des données de l'enquête OD, d'un réseau routier codifié et d'un modèle d'affectation, il est possible de déterminer les débits sur le réseau. La grande difficulté est de bien déterminer les barrières physico-spatiales, tant pour les espaces naturels que pour les espaces urbains, afin de constituer les différentes zones sur le territoire.

4.7.2. MÉTHODOLOGIE SPÉCIFIQUE ET RÉSULTATS

Considérer les espaces naturels ou bien les espaces urbains requiert pratiquement le même procédé. La différence importante réside dans la sélection des zones à évaluer (urbaines pour un et naturelles pour le second). À titre d'exemple (voir Figure 4-23), seulement un indicateur est testé. Il s'agit d'une mesure permettant de rendre compte du niveau d'enclavement des différentes zones urbaines de l'arrondissement Vieux-Longueuil.

La première étape nécessite de cibler l'ensemble des barrières physico-spatiales. La figure à l'étape A représente les barrières qui sont constituées de l'autoroute 20, de la route 134, des échangeurs et de plusieurs artères importantes.

**Les différentes étapes permettant d'évaluer les zones urbanisées enclavées
(arrondissement Vieux-Longueuil)**

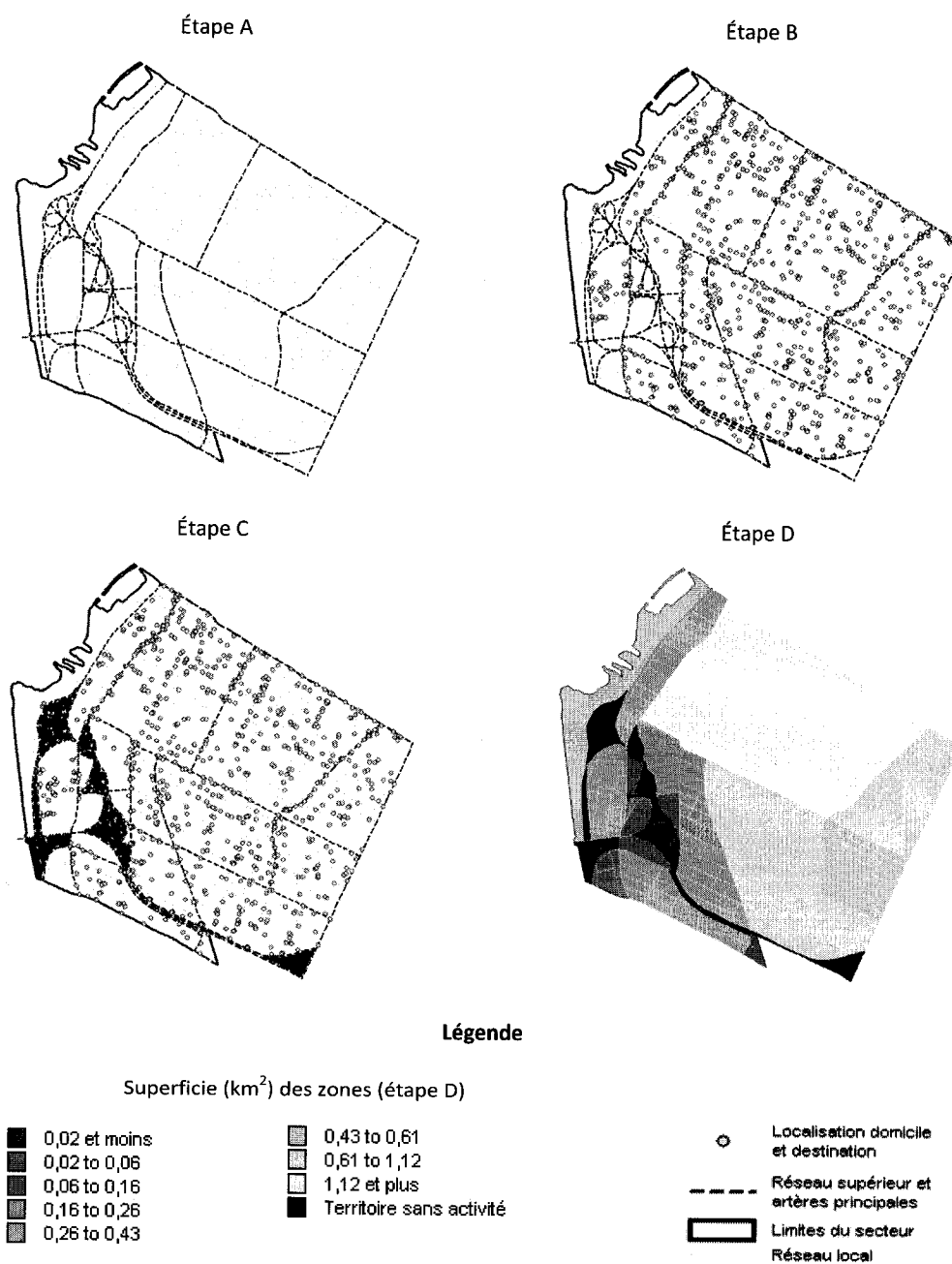


Figure 4-23 – Les différentes étapes permettant d'évaluer les zones urbaines enclavées

L'ensemble de ces barrières (avec les limites du secteur pour les fins de l'exercice) permettront de constituer les différentes zones sur le territoire. Ici, les zones intéressantes sont celles qui supportent au moins un lieu d'activité (résidentielle, économique ou autre). Donc, à l'étape B, afin de cibler les zones où il y a des activités, sont superposés aux différentes zones constituées préalablement, les localisations des domiciles (données de l'enquête OD) et les localisations des destinations sur le territoire. Chaque point étant un lieu d'activité, il est exclu les zones sans activité, tel que présenté à l'étape C. Et finalement, la dernière étape est l'estimation de la superficie des autres zones, celles avec activités.

La moyenne de l'aire des zones urbaines enclavées, soit l'équation :

$$IFE = \frac{\sum_i Aire_i}{n}$$

Où *IFE* correspond à l'indice de fragmentation de l'espace, et $\frac{\sum_i Aire_i}{n}$ correspond à la somme des surfaces, en km², des zones, divisée par le nombre de zone.

Afin de rendre dynamique l'indicateur, il faut déterminer, heure par heure, les différentes barrières physico-spatiales dans le secteur et mesurer l'indice de fragmentation de l'espace. Sachant que le volume de circulation autoroutière sur le réseau peut affecter grandement les déplacements locaux à pieds et en vélo, il devra être déterminé un niveau du volume de circulation à laquelle pourrait correspondre le phénomène de barrière. Il va s'en dire que la vitesse joue un rôle important dans l'effet de la barrière physico-spatiale, c'est pourquoi, les autoroutes et les routes importantes (route 134) devront être considérées, en tout temps, comme des barrières. Donc, selon

l'heure de la journée et le volume de circulation des barrières vont se former et se défaire, changeant ainsi la surface des zones et l'indice de fragmentation de l'espace.

L'évaluation consiste à dire que plus une zone est petite, plus elle est contrainte par les barrières physico-spatiales. Dans l'exemple, les zones situées près de la station de métro de Longueuil sont plutôt de petites superficies; donc ces zones sont considérées plus enclavées que les zones situées à l'est. Il faut noter que cet indicateur évalue le niveau d'enclavement des zones au niveau local, c'est-à-dire pour des déplacements courts faits notamment à pied ou à vélo.

4.8. VOLUME D'ACTIVITÉ PHYSIQUE

4.8.1. DÉFINITION ET SOURCES DE DONNÉES

Les transports actifs se marient bien avec le concept de transport et de mobilité durable. L'utilisation d'un transport actif tel que le vélo ou la marche permet d'améliorer la qualité de l'air, de réduire le bruit, les vibrations ainsi que la sécurité dans les rues (meilleure surveillance due aux piétons). Toutefois, ce qui nous intéresse ici dans l'indicateur du volume d'activité physique, c'est l'activité physique comme mode de déplacement et comme moyen de mise en forme et de bien-être général des individus. Sachant, que la mobilité durable c'est aussi la prise en compte du bien-être des gens et que l'activité physique quotidienne contribue à une bonne santé, il devient pertinent d'estimer la contribution de ceux-ci. Une activité physique de 30 minutes par jour (même si elle est pratiquée en deux périodes de 15 minutes), permet de réduire de 50% les risques de développer une maladie cardiovasculaire, de développer un diabète, de devenir

obèse et diminue de 30% les risques de développer de l'hypertension (Litman, 2008).

Le transport durable c'est aussi l'amélioration de la santé des gens et les transports actifs s'inscrivent bien dans cette optique.

Donc, l'indicateur se doit de tenir compte de ces 30 minutes d'exercice quotidien. L'indicateur retenu, dans ce mémoire, est inspiré par l'indicateur utilisé dans le Webtag (DfT, 2005), un guide version électronique sur l'évaluation des politiques en transport et par la mesure de la contribution à la santé des pas générés par les déplacements (Morency & Demers, 2007; Morency, Trépanier *et al.*, 2008). L'indicateur est la part de la population résidente ayant fait un ou des déplacements à l'aide de mode actif durant la journée et selon le niveau. Le premier niveau est la part des personnes ayant fait au minimum 30 minutes de marche à pied, de vélo ou autres modes actifs. Le deuxième niveau, quant à lui, est la part des personnes ayant fait moins de 30 minutes de marche à pied, de vélo ou autres modes actifs.

Cet indicateur nécessite certaines données (voir Figure 4-24) disponibles dans l'enquête OD. Cependant, la difficulté majeure, à défaut de ne pas avoir les données dans l'enquête, consiste à déterminer pour chacun des déplacements fait à vélo et à pieds l'itinéraire emprunté ainsi que le temps nécessaire pour se rendre à destination.

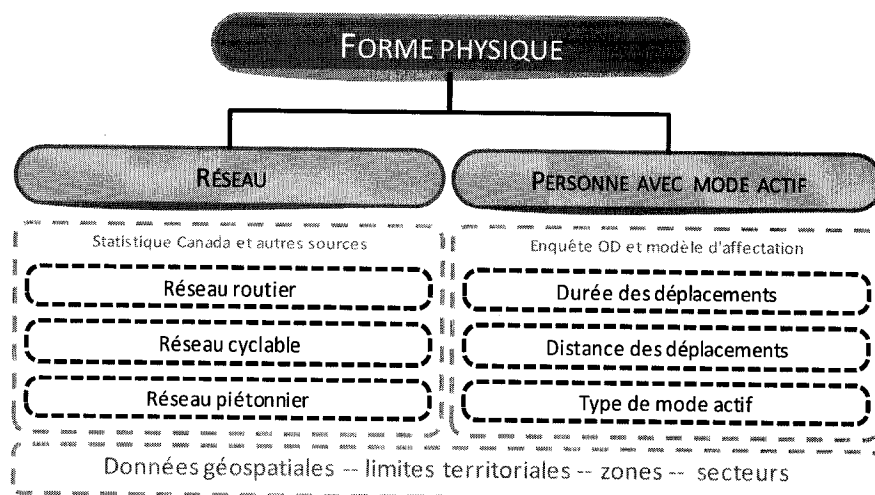


Figure 4-24 – Éléments considérés dans la construction des indicateurs de forme physique

Afin de déterminer de manière plus probable ces variables, l'utilisation d'un modèle d'affectation est souhaitable. La codification du réseau nécessitera de considérer le réseau routier, les pistes cyclables et, dans la limite du possible, tous les petits passages (certains accessibles pour les piétons seulement).

4.8.2. MÉTHODOLOGIE SPÉCIFIQUE ET RÉSULTATS

L'utilisation d'un modèle d'affectation, une fois les données compilées, permet d'avoir les variables nécessaires pour la construction des indicateurs. Selon le niveau, soit plus de 30 minutes et moins de 30 minutes d'exercice, il est possible de connaître le nombre de résidents selon le transport actif utilisé. Ensuite, il ne reste qu'à mesurer la part qu'occupe chacun des niveaux. À titre d'exemple, l'indicateur sera mesuré pour l'arrondissement Ahuntsic de la ville de Montréal.

Pour l'exemple, la distance et le temps de parcours seront extrapolés à l'aide de la distance euclidienne, soit la distance entre deux points dans un plan cartésien. La

Par la suite, est mesurée pour chaque résident d'Ahuntsic, la distance parcourue en transport actif au cours de la journée. Il est possible d'estimer le temps de parcours considérant qu'une personne à pied a une vitesse moyenne de 5 km/h et qu'un cycliste a une vitesse moyenne de 20 km/h (vitesse théorique estimée pour la démonstration méthodologique). Ici, le secteur Ahuntsic, pour l'année 2003, selon l'enquête OD, a une population de près de 119 000 habitants. De ceux-ci plus de 82% ont effectué un déplacement (voir Figure 4-26), soit près de 98 000 personnes. La part des résidents mobiles ayant utilisé un transport actif est d'environ 16% (plus de 15 600 personnes) et moins de 3% des personnes mobiles ont fait plus de 30 minutes d'exercice.

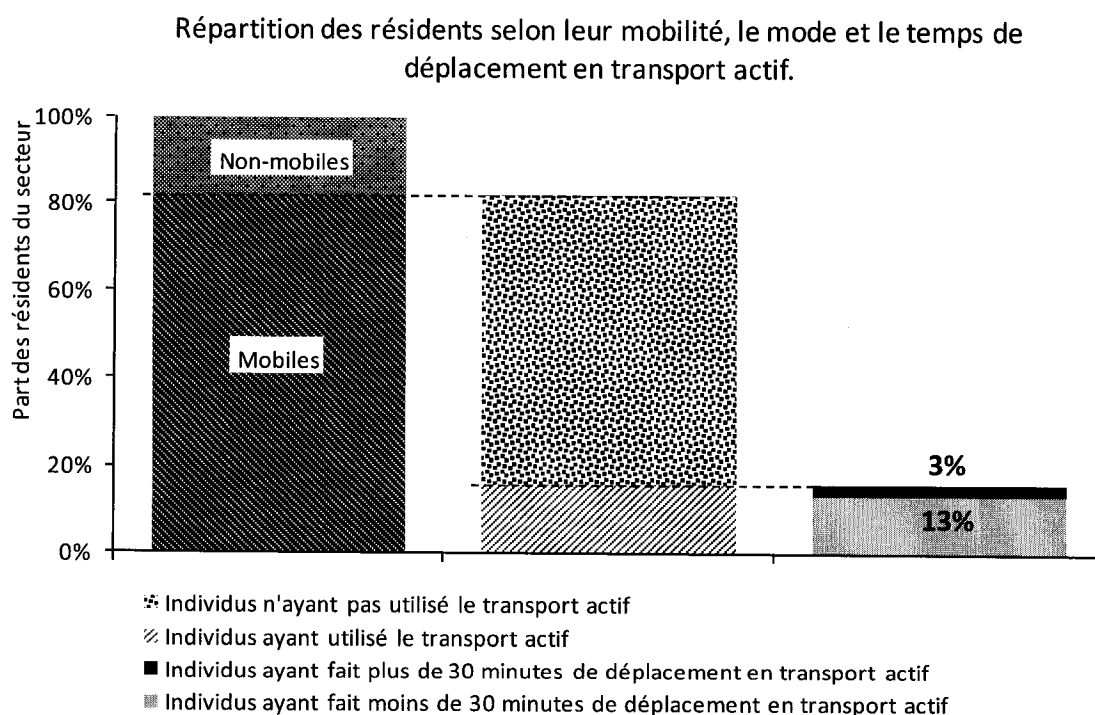


Figure 4-26 – Répartition des résidents selon leur mobilité, le mode et le temps de déplacement en transport actif

Donc, nous estimons la part des résidents d'Ahuntsic ayant fait plus de 30 minutes d'exercice en utilisant un mode de transport actif à près de 3% et de près de 13% pour ceux ayant fait moins de 30 minutes.

La conception dynamique est plutôt restreinte pour cet indicateur car celui-ci considère déjà l'ensemble des déplacements de la journée (impossible d'utiliser comme plusieurs des autres indicateurs, une observation heure par heure du phénomène). Toutefois, une approche pourrait être envisageable, telle que la prise en compte d'une observation jour par jour, selon la semaine. Probablement, que la dynamique démontrera des différences marquées pour les divers mois et les différentes journées de la semaine.

Un parallèle entre la température extérieure et le nombre de déplacements (voir Figure 4-27) permettra aussi d'expliquer une partie des écarts. Ici, la part quotidienne, des individus ayant utilisé un transport actif, est pondérée par le nombre total de personnes mobiles pour cette même période. Il faut noter qu'une distribution de ce genre, selon les jours de l'enquête téléphonique, laisse paraître un niveau de représentativité faible pour certaines journées. Nous remarquons tout de même, lors de précipitations, que la part des résidents utilisant le vélo diminue. Le même constat peut être fait pour la température. Lorsque la température s'approche ou descend en dessous du point de congélation, la part des résidents se déplaçant à vélo diminue considérablement tandis que la part des résidents se déplaçant à pied diminue légèrement.

Répartition, selon la date, de la température moyenne et du nombre total de précipitation durant la journée en parallèle à la part des résidents mobiles du secteur Ahuntsic ayant utilisé un transport actif

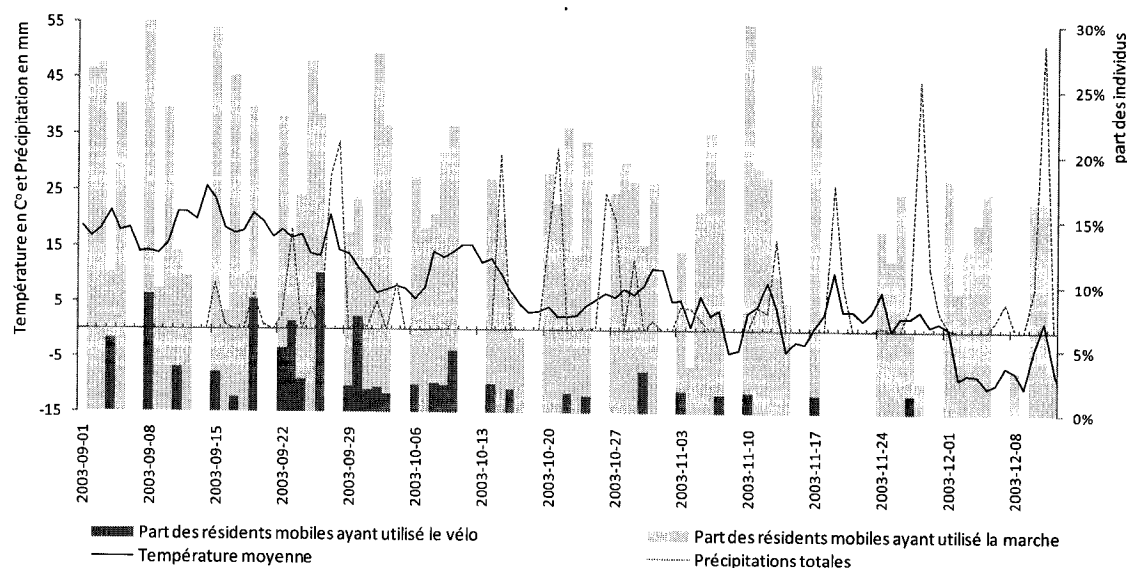


Figure 4-27 – Répartition, selon la date, de la température moyenne et du nombre total de précipitation durant la journée en parallèle à la part des résidents mobiles du secteur Ahuntsic ayant utilisé un transport actif

L'utilisation d'un mode de transport actif constitue une façon simple de contribuer à la mise en forme et au bien être physique des usagers. Une utilisation plus répandue permettrait aussi de réduire les nuisances locales, telles que le bruit, les gaz d'échappement, les poussières et autres.

4.9. ÉQUITÉ – JUSTICE DISTRIBUTIVE

4.9.1. DÉFINITION ET SOURCES DE DONNÉES

L'équité, l'égalité et la justice sont des notions récurrentes dans les principes de durabilité (Nations Unies, 1992; OCDE, 1996; Nations Unies, 1998; 2002).

Cependant, il existe très peu d'applications. L'indicateur développé dans cette section tente de définir un cadre conceptuel valable pour évaluer l'équité quant à l'accessibilité au transport en commun. L'analyse de l'uniformité de certaines distributions à l'aide de l'indice de Gini permettra de déterminer où sont les plus grande part des inégalités.

L'utilisation de l'indice de Gini pourrait aussi bien s'appliquer à différents phénomènes, autre que l'accessibilité, auxquels nous voudrions évaluer « l'égalité » (l'uniformité).

Comme il a été signalé dans le chapitre 1, l'équité peut se définir différemment selon nos convictions et croyances. L'interprétation de l'équité fait appel aux théories de la justice distributive.

Il existe plusieurs théories sur la distribution des bénéfices et des coûts dans la société. La théorie de John Rawls a marqué, depuis près de trois décennies, le discours et le débat de la justice distributive. Dans un premier temps avec le livre *A Theory of Justice* (Rawls, 1971) et ensuite avec le livre intitulé *Political Liberalism* (Rawls, 1993). John Rawls présente les deux principes de justice suivants :

- Chaque individu a un droit égal au système le plus étendu de libertés de base respectant un système identique de libertés pour les autres; et
- Les inégalités sociales et économiques doivent être organisées de façon à ce qu'elles permettent, en premier lieu, (a) un avantage aux plus défavorisés, et en deuxième lieu, (b) une égalité des chances ou des opportunités pour tous.

Ce que nous devons comprendre de la théorie, c'est que la liberté est fondamentale et elle ne doit en aucun cas être brimée sous prétexte d'inégalité. Toutefois, les inégalités sont présentes et Rawls ne prétend pas qu'elles doivent être éradiquées. Lorsqu'il y a

inégalités les désavantagés doivent pouvoir en tirer un avantage accru sans préjudice au premier principe. Cette justice distributive permet donc une égalité des chances où les opportunités sont les mêmes.

Selon Rawls, les individus choisissent, sous le « voile d'ignorance » des principes de justice valables pour une société où un « ennemi [leur] assignerait [une] place ». Ils adoptent donc, pour leur propre protection—dans leur intérêt bien compris—des principes qui maximisent la situation des plus défavorisés, i.e. qui minimisent leur risque d'appartenir au bas de la hiérarchie sociale. (Maric, 1996)

Si nous avons personnellement à choisir la distribution des ressources dans la société, tout en sachant que nous sommes dans la pire des situations (le plus désavantagé), il nous apparaîtra convenable d'attribuer des ressources plus importantes aux plus désavantagés. Le principe de différence aborde la distribution de la même façon.

Le choix d'une justice distributive complété, il ne reste qu'à savoir quels sont les éléments qui seront mesurés. Il devient clair, dans une perspective de mobilité durable, qu'il est impossible de n'évaluer qu'un seul indicateur et qu'un seul enjeu. Il existe une multitude d'enjeux pouvant faire l'objet d'une évaluation d'équité, soit en termes d'accessibilité, de mobilité, de coûts et plusieurs autres. À titre d'exemple, sera mesuré, dans ce mémoire, un indicateur touchant le domaine socioéconomique et de la mobilité urbaine pour le secteur de Brossard.

L'indicateur retenu, inspiré par les propositions de Litman, porte sur la juste distribution de l'accessibilité au TC en fonction du revenu du ménage. Tel que Litman le soulignait, l'un des critères à considérer afin de cibler les individus désavantagés en termes d'accessibilité et de mobilité, est le niveau revenu. La justice distributive considérée pour l'exemple est l'égalitarisme strict. Et, finalement, l'application de l'indice de Gini permettra d'évaluer l'équité quant à l'accessibilité au TC selon les différents groupes de revenu des ménages.

4.9.2. MÉTHODOLOGIE SPÉCIFIQUE ET RÉSULTATS

Pour déterminer l'accessibilité, la distance séparant le domicile et l'arrêt d'autobus le plus près est considérée. Pour les fins de la démonstration, l'arrondissement de Brossard est retenu ainsi qu'une distribution théorique des arrêts (voir Figure 4-28).

Localisation des domiciles et des arrêts d'autobus sur le territoire de l'arrondissement Brossard

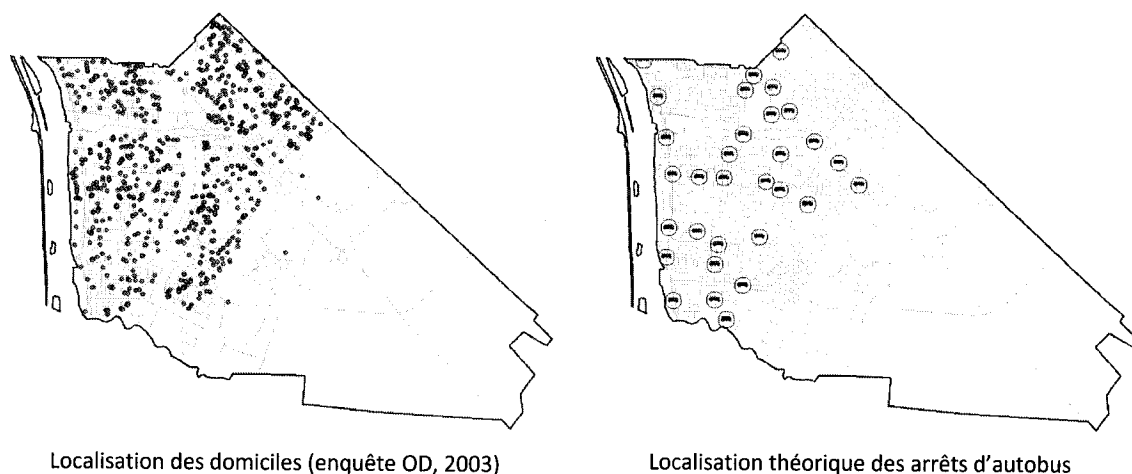


Figure 4-28 – Localisation des domiciles et des arrêts d'autobus sur le territoire de l'arrondissement Brossard

L'échantillon de l'arrondissement Brossard contient 2 106 individus répartis dans 825 ménages. En considérant les facteurs d'expansion de l'enquête OD, la population de l'arrondissement se situe aux alentours de 62 000 habitants. La méthodologie de fusion explicitée dans le chapitre 3 quant à la bonification des données sur le revenu du ménage a contribué à la répartition des revenus des ménages pour l'exemple. Afin d'évaluer les inégalités au sein des différents groupes socio-économiques de l'arrondissement Brossard, l'indice multidimensionnel sera appliqué.

Les caractéristiques et l'indice de Gini unidimensionnel, de la population dont nous analyserons l'accessibilité au TC, sont les suivantes (voir Tableau 4-6):

Tableau 4-6 – Répartition de la population, de la somme et la moyenne des distances entre l'arrêt d'autobus la plus proche et le domicile ainsi que la répartition de l'indice de Gini en fonction du revenu du ménage

Répartition de la population, de la somme et de la moyenne des distances entre l'arrêt d'autobus le plus proche et le domicile ainsi que la répartition de l'indice de Gini en fonction du revenu du ménage¹							
	20k\$ et -	20-40k\$	40-60k\$	60-80k\$	80-100k\$	100k\$ et +	Total
Habitants	7905	12043	12990	9194	7031	12619	61782
Somme²	4218396	6468150	7212721	4921408	3825851	5926631	32573157
Moyenne²	470	534	535	537	544	555	527
Gini	0,3368	0,3383	0,3274	0,3324	0,3253	0,3449	0,3354

¹ Revenu des ménages bonifié par les données sur le revenu des ménages du recensement canadien (méthode de fusion des données, chapitre 3)

² Somme et moyenne des distances entre l'arrêt d'autobus le plus proche et le domicile

La valeur de l'indice de Gini (dernière ligne du Tableau 4-6) est comprise dans l'intervalle [0,1]. Lorsque l'indice tend vers 0 la distribution est de plus en plus uniforme, tandis que lorsqu'il tend vers 1, la distribution est de moins en moins uniforme. Afin de comprendre les finalités de l'indicateur, sont décrites dans les paragraphes suivants, les différentes équations utilisées par Mussard (Mussard, Seyte *et al.*, 2003; 2004; 2006; Mussard, Koubi *et al.*, 2006; Mussard, Seyte *et al.*, 2006; Mussard & Terraza, 2007). Les auteurs distinguent deux approches spécifiques, il y a l'indice de Gini unidimensionnel et l'indice de Gini multidimensionnel.

Le premier indice, unidimensionnel, correspond à l'indice de base, (Gini, 1921). Cet indice détermine la part des différences entre une distribution cumulée observée et

une distribution uniforme théorique. La part des inégalités est mesurée par l'aire entre la courbe théorique et observée. Ainsi, plus la dépression de la courbe (distribution cumulée observée) est prononcée plus la part des inégalités dans la distribution est importante.

Le deuxième indice, celui auquel nous nous intéressons, ne permet pas simplement de mesurer la part des inégalités à l'intérieur d'une seule distribution; il considère aussi les inégalités entre différentes distributions observées. Par exemple, au lieu d'évaluer simplement les inégalités d'une distribution, l'application de l'indice multidimensionnel permet d'évaluer les inégalités du revenu entre divers groupes de travailleurs (sexe, âge, profession) et ceci toujours pour l'ensemble de la population. La part des inégalités totales, est donc constituée de plusieurs sous-indices de Gini pondérés. Dans les prochains paragraphes, l'indice de Gini multidimensionnel sera appliqué à l'accessibilité aux arrêts de TC (en termes de distance) pour l'arrondissement Brossard. Afin de simplifier l'exemple, les distances ont été regroupées dans des classes d'intervalle de 50m ([0-50m],..., [1600-1650]). Donc, chaque individu appartenant à une classe de revenu des ménages est distribué dans une des 33 classes de distance.

INDICE DE GINI UNIDIMENSIONNEL

Pour une population de taille n et d'une distance moyenne à un arrêt de μ où les distances sont représentées par y_i et y_r (i et r représentant les sous-groupes $\forall i = 1, \dots, n$ et $\forall r = 1, \dots, n$), l'indice de Gini est :

$$G = \frac{\sum_i^n \sum_r^n |y_i - y_r|}{2\mu n^2}$$

L'indice peut être calculé pour chaque classe de revenu ainsi que pour l'ensemble de la population. On remarque pour l'exemple (voir Tableau 4-6) que l'ensemble des

groupes ont un indice avoisinant 0.33, ce qui suggère qu'il y a une certaine uniformité dans la distribution intragroupe malgré le fait que certains groupes sont en moyenne plus éloignés de l'arrêt d'autobus. Le niveau d'inégalité dans la classe de revenu 40k-60k\$ est le plus bas avec 0,327 tandis que la classe 100k\$ et + concède le plus haut niveau d'inégalité avec 0,345. L'indice de Gini unidimensionnel nous démontre le niveau d'inégalité dans chaque classe de revenu. Toutefois, ce qui nous intéresse, se sont les inégalités entre les différentes classes de revenu, l'indice de Gini multidimensionnel permet cette analyse.

INDICE DE GINI MULTIDIMENSIONNEL

L'évaluation de l'indice de Gini multidimensionnel au niveau de l'arrondissement Brossard permet de connaître le poids de chaque groupe à l'explication de l'inégalité totale. L'équation de base de l'indice de Gini multidimensionnel est la suivante:

$$G = G_w + G_b + G_t .$$

Où G_w est la mesure pondérée des inégalités intragroupes, G_b est la mesure pondérée des inégalités intergroupes nettes et G_t est la mesure pondérée des inégalités intergroupes de transvariation.

La portion des **inégalités intragroupes** correspond à l'ensemble des différences, de distance d'accès à un arrêt d'autobus, à l'intérieur d'une même classe de revenu des ménages. La portion des **inégalités intergroupes nettes**, pour sa part, correspond aux différences attribuables à la partie de non-chevauchement des distributions. À l'opposé, la portion des **inégalités intergroupes de transvariation**, porte son attention sur les différences issues de la transvariation des distributions; c'est-à-dire les différences entre les individus, d'un premier groupe, ayant une distance, d'accès à l'arrêt d'autobus, plus élevée qu'un autre individu appartenant à un second groupe

situé en moyenne plus loin de l'arrêt d'autobus. Finalement, les trois portions d'inégalités sont pondérées en fonction :

- du poids que représente la population du groupe comparativement à la population totale;
- du poids que représente la somme des distances du groupe relativement à l'ensemble des distances de la population totale.

On peut aussi estimer l'ensemble des inégalités intergroupes, G_{gb} , sachant que :

$$G_{gb} = G_b + G_t.$$

Les résultats de l'indice de Gini multidimensionnel pour l'ensemble des groupes sont les suivants (Tableau 4-7):

Tableau 4-7 – Répartition de l'indice de Gini multidimensionnel et de la contribution de chaque groupe à l'inégalité totale, pour l'ensemble du SM

Répartition de l'indice de Gini multidimensionnel et de la contribution de chaque groupe à l'inégalité totale, pour l'ensemble du SM							
	20k\$ et -	20-40k\$	40-60k\$	60-80k\$	80-100k\$	100k\$ et +	Total
G_w	0,013	0,006	0,007	0,013	0,004	0,016	0,059
	2,0%	2,3%	0,9%	1,2%	0,7%	2,3%	9,3%
G_b	0,021	0,005	0,005	0,005	0,005	0,011	0,052
	1,2%	0,7%	0,4%	0,6%	0,4%	0,8%	4,3%
G_t	0,077	0,070	0,080	0,091	0,065	0,102	0,485
	16,5%	11,7%	13,5%	14,1%	10,3%	16,6%	86,4%
G	0,110	0,080	0,093	0,109	0,074	0,130	0,595
	19,7%	19,9%	13,3%	15,9%	11,4%	19,7%	100%

On remarque que les **inégalités intragroupes** G_w contribuent faiblement aux inégalités totales avec 9,3%. Cette faible contribution dénote, que les individus appartenant au même groupe ont des niveaux d'accessibilité similaires. Les **inégalités intergroupes de transvariation** G_t sont de loin les plus importantes avec 86,4%. Selon Mussard, Seyte et Terraza (2003), l'inégalité de transvariation « [...] représente, par définition, les inégalités où les différences de salaire entre deux groupes sont de signes opposés à la différence des moyennes des groupes correspondants ». Autrement dit, la transvariation fournit les inégalités entre les sous-groupes où la distance à l'arrêt, des groupes ayant une meilleure accessibilité au TC, est plus faible que celles des sous-groupes ayant, en moyenne, une moins bonne accessibilité.

Calculs

Afin de mesurer les différents indices de Gini, nous allons progressivement effectuer les calculs. L'ensemble des équations décrit dans les prochains paragraphes est défini dans plusieurs travaux (Dagum, 1997; Mussard, Seyte *et al.*, 2003; 2004; Mussard, 2006; Mussard, Koubi *et al.*, 2006; Mussard, Seyte *et al.*, 2006; Mussard & Terraza, 2007).

Pour une population totale P représentée par la distribution y_i ($i = 1, \dots, n$) et $f(y)$, $F(y)$, μ et G dénotant respectivement la densité de probabilité, la fonction de répartition, la moyenne et l'indice de Gini calculés pour P . L'ensemble de la population est partitionné en k sous-groupes. La **part des individus** et la **part de toutes les distances** (de l'arrêt d'autobus la plus proche du domicile) de chaque sous-groupe versus la population totale sont donnés par :

$$p_j = \frac{n_j}{n}, \quad s_j = \frac{n_j \mu_j}{n \mu}, \quad \forall j = 1, \dots, n.$$

Celles-ci permettront, de définir la contribution de chacun des sous-groupes à l'inégalité totale. Dans l'exemple, les résultats des poids des sous-groupes sont les suivants (Tableau 4-8) :

Tableau 4-8 – La part des individus et la part de l'ensemble des distances (de l'arrêt d'autobus la plus proche du domicile) de chaque sous-groupe versus la population totale

La part des individus et la part de l'ensemble des distances (de l'arrêt d'autobus la plus proche du domicile) de chaque sous-groupe versus la population totale							
	20k\$ et -	20-40k\$	40-60k\$	60-80k\$	80-100k\$	100k\$ et +	Total
p_j	12,8%	19,5%	21%	14,9%	11,4%	20,4%	100%
s_j	13%	19,9%	22,1%	15,1%	11,7%	18,2%	100%

Une série d'équations permet de bien définir les différences entre les sous-groupes :

- **Le moment d'ordre 1 de transvariation** p_{jh} entre les sous-groupes h et j est défini comme la somme des différences d'accessibilité (m^2) $y_h - y_j$ de manière à ce que $y_h > y_j$ et $\mu_j > \mu_h$:

$$p_{jh} = \int_0^{\infty} dF_h(y) \int_0^y (y - x) dF_j(x) .$$

- **La richesse économique brute** d_{jh} est un concept symétrique. Il s'agit de la somme des différences d'accessibilité (m^2) $y_j - y_h$ entre les sous-groupes j et h de manière à ce que $y_j > y_h$ et $\mu_j > \mu_h$:

$$d_{jh} = \int_0^{\infty} dF_j(y) \int_0^y (y - x) dF_h(x) .$$

- La **différence moyenne de Gini** Δ_{jh} , issue des équations précédentes, est par définition la moyenne des différences d'accessibilité entre les sous-groupes j et h :

$$\Delta_{jh} = p_{jh} + d_{jh} = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}| / n_j n_h .$$

Les équations du moment d'ordre 1 de transvariation et de la richesse économique doit tenir compte d'un **ordre particulier** de manière à ce que les comparaisons entre les sous-groupes tiennent compte de $\mu_j > \mu_h$. Pour cette raison les **classes de revenu** des ménages, dans le

Tableau 4-9, sont réorganisées afin que la moyenne de la distance entre le domicile et l'arrêt d'autobus du groupe suive un **ordre croissant**. Le tableau démontre que chacune des distributions est comparée aux autres.

Tableau 4-9 – Résultats de la différence moyenne de Gini (accessibilité au TC)

Résultats de la différence moyenne de Gini (accessibilité au TC) à l'aide du moment d'ordre 1 de transvariation et de la richesse économique brute						
	100k\$ et +	20k\$ et -	60-80k\$	20-40k\$	80-100k\$	40-60k\$
100k\$ et +	Indice intragroupe					
20k\$ et -	$\Delta_{jh} = 336$ $p_{jh} = 136$ $d_{jh} = 200$	Indice intragroupe				
60-80k\$	$\Delta_{jh} = 345$ $p_{jh} = 140$ $d_{jh} = 205$	$\Delta_{jh} = 355$ $p_{jh} = 177$ $d_{jh} = 178$	Indice intragroupe			
20-40k\$	$\Delta_{jh} = 339$ $p_{jh} = 136$ $d_{jh} = 203$	$\Delta_{jh} = 349$ $p_{jh} = 173$ $d_{jh} = 176$	$\Delta_{jh} = 357$ $p_{jh} = 178$ $d_{jh} = 179$	Indice intragroupe		
80-100k\$	$\Delta_{jh} = 251$ $p_{jh} = 138$ $d_{jh} = 213$	$\Delta_{jh} = 362$ $p_{jh} = 176$ $d_{jh} = 186$	$\Delta_{jh} = 369$ $p_{jh} = 180$ $d_{jh} = 189$	$\Delta_{jh} = 364$ $p_{jh} = 178$ $d_{jh} = 185$	Indice intragroupe	
40-60k\$	$\Delta_{jh} = 350$ $p_{jh} = 132$ $d_{jh} = 218$	$\Delta_{jh} = 359$ $p_{jh} = 169$ $d_{jh} = 190$	$\Delta_{jh} = 366$ $p_{jh} = 173$ $d_{jh} = 193$	$\Delta_{jh} = 361$ $p_{jh} = 171$ $d_{jh} = 189$	$\Delta_{jh} = 373$ $p_{jh} = 181$ $d_{jh} = 192$	Indice intragroupe

- Les indices de Gini intergroupes G_{jh} , définis par la différence moyenne de Gini, mesurent les inégalités d'accessibilité entre les sous-groupes j et h :

$$G_{jh} = \frac{\Delta_{jh}}{\mu_j + \mu_h}, \quad \forall j = 1, \dots, k; \forall h = 1, \dots, k.$$

- **Le ratio de distance économique** D_{jh} évalue les différences d'accessibilité de manière nette entre les sous-groupes j et h , en excluant la partie de chevauchement entre les distributions j et h :

$$D_{jh} = (d_{jh} - p_{jh})/\Delta_{jh} = (d_{jh} - p_{jh})/(d_{jh} + p_{jh}) .$$

Maintenant que l'ensemble des différences ont été établies, il suffit d'additionner les différents éléments de l'indice de Gini global, soit G_w , G_b et G_t .

Le **premier élément** de l'inégalité totale G_w (voir la première ligne du Tableau 4-7), est en quelque sorte la somme des indices de Gini **unidimensionnels** (renommé G_{jj} , indice de Gini intragroupe mesuré auparavant) pondérée par le poids que représente le sous-groupe.

$$G_w = \sum_j^k G_{jj} p_j s_j .$$

Le **deuxième élément** de l'inégalité totale G_b , constitue l'ensemble des différences entre les k sous-groupes j et h dont les distances à l'arrêt d'autobus la plus proche sont issues de la partie de non-chevauchement entre les distributions. Encore une fois, le tout est pondéré par le poids des distributions considérées.

$$G_b = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} D_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) .$$

Le **troisième élément** de l'inégalité totale G_t , mesure l'intensité de la transvariation entre les sous-groupes. Comme les deux autres éléments de l'indice de Gini, les différents indices sont pondérés par le poids des sous-groupes considérés dans la population totale.

$$G_t = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (1 - D_{jh}) (p_j s_h + p_h s_j) .$$

Pour obtenir les résultats des deux derniers éléments de l'indice de Gini global, il faut mesurer pour les différentes paires de sous-groupes possibles les inégalités. La somme de l'ensemble des mesures (total de la ligne et total de la colonne) d'un groupe détermine le niveau des inégalités pour ce dernier, inégalités intergroupes nettes pour le premier et inégalités de transvariation pour le deuxième (voir Tableau 4-10).

Tableau 4-10 – Résultats des mesures des inégalités intergroupes nettes, des inégalités de transvariation entre les sous-groupes et des inégalités intergroupes brutes

Résultats des mesures des inégalités intergroupes nettes, des inégalités de transvariation entre les sous-groupes et des inégalités intergroupes brutes							
	100k\$ et +	20k\$ et -	60-80k\$	20-40k\$	80-100k\$	40-60k\$	Total ligne
100k\$ et +	Indice intragroupe						
20k\$ et -	$G_b = 0.0032$ $G_t = 0.014$	Indice intragroupe					$G_b = 0.0032$ $G_t = 0.013$
60-80k\$	$G_b = 0.0038$ $G_t = 0.016$	$G_b = 0.0001$ $G_t = 0.013$	Indice intragroupe				$G_b = 0.0038$ $G_t = 0.029$
20-40k\$	$G_b = 0.0033$ $G_t = 0.013$	$G_b = 0.0002$ $G_t = 0.016$	$G_b = 0.0001$ $G_t = 0.020$	Indice intragroupe			$G_b = 0.0036$ $G_t = 0.049$
80-100k\$	$G_b = 0.0033$ $G_t = 0.012$	$G_b = 0.0003$ $G_t = 0.010$	$G_b = 0.0003$ $G_t = 0.012$	$G_b = 0.0003$ $G_t = 0.015$	Indice intragroupe		$G_b = 0.0042$ $G_t = 0.048$
40-60k\$	$G_b = 0.0070$ $G_t = 0.022$	$G_b = 0.0011$ $G_t = 0.017$	$G_b = 0.0012$ $G_t = 0.021$	$G_b = 0.0014$ $G_t = 0.027$	$G_b = 0.0005$ $G_t = 0.016$	Indice intragroupe	$G_b = 0.0112$ $G_t = 0.102$
Total colonne	$G_b = 0.0205$ $G_t = 0.077$	$G_b = 0.0016$ $G_t = 0.056$	$G_b = 0.0016$ $G_t = 0.052$	$G_b = 0.0017$ $G_t = 0.042$	$G_b = 0.0005$ $G_t = 0.016$		
Colonne + ligne	$G_b = 0.0205$ $G_t = 0.077$	$G_b = 0.0048$ $G_t = 0.070$	$G_b = 0.0054$ $G_t = 0.080$	$G_b = 0.0053$ $G_t = 0.091$	$G_b = 0.0047$ $G_t = 0.065$	$G_b = 0.0112$ $G_t = 0.102$	$G_b = 0.0519$ $G_t = 0.485$
Les inégalités intergroupes brutes ($G_{gb} = G_b + G_t$)							
	$G_{gb} = 0.097$	$G_{gb} = 0.074$	$G_{gb} = 0.086$	$G_{gb} = 0.096$	$G_{gb} = 0.070$	$G_{gb} = 0.114$	$G_{gb} = 0.537$

Finalement, l'addition des 3 éléments contribuant aux inégalités quant à l'accessibilité au TC nous donnent un portrait global de la situation (pour résultats finaux voir Tableau 4-7).

On observe donc à la Figure 4-29, que les individus contribuant le plus aux inégalités sont ceux de la classe de revenu des ménages de 40-60k\$. Ce dernier possède aussi le niveau d'inégalité intragroupe le plus important du secteur municipal de Brossard. Quant au niveau d'inégalité intergroupe nette le plus haut, il se retrouve dans la classe de revenu des ménages de 100k\$ et +.

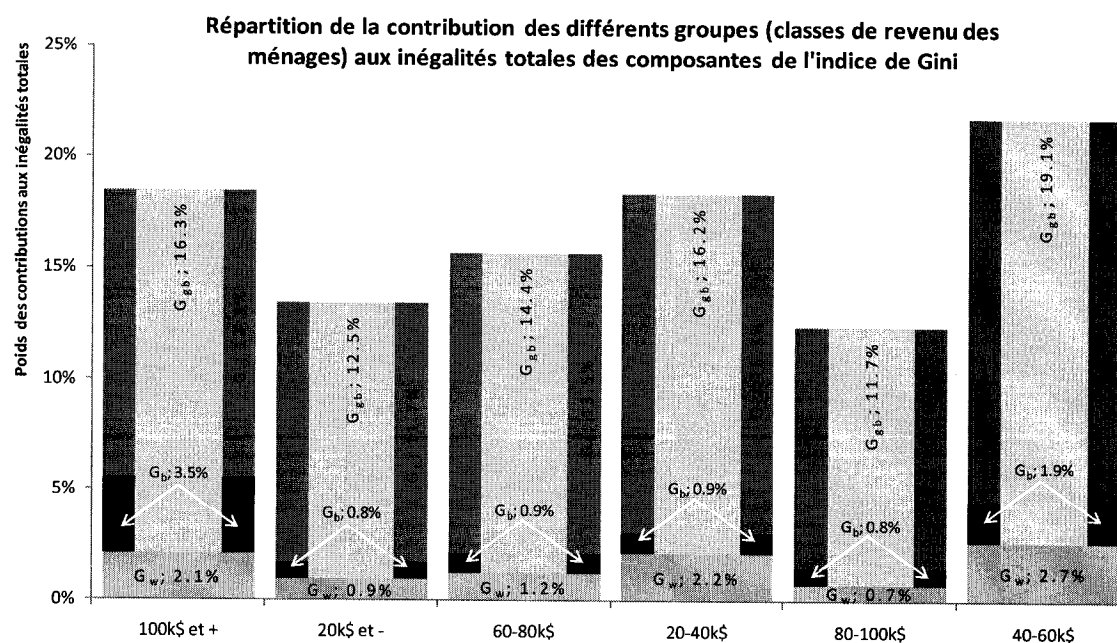


Figure 4-29 – Répartition de la contribution des différents groupes (classe de revenu des ménages) aux inégalités totales des composante de l'indice de Gini (Accessibilité au TC)

L'application de l'indice de Gini multidimensionnel a rendu possible la construction d'un portrait de l'inégalité d'accès au TC dans l'arrondissement de Brossard. De plus, l'approche utilisée permet de mesurer différentes contributions des sous-groupes aux

inégalités totales dans l'arrondissement. Une application à l'ensemble de l'agglomération montréalaise, bien que fastidieuse, permettrait d'apprécier dans sa globalité, l'équité d'accès au TC, élément primordial pour améliorer le bilan de la mobilité durable.

Toujours dans l'esprit de rendre dynamique les indicateurs, il est possible de mesurer les inégalités (indice de Gini) au courant de la journée, heure par heure, en considérant seulement les arrêts d'autobus actifs.

Il faut noter aussi que l'utilisation de l'indice de Gini multidimensionnel peut s'appliquer à différents phénomènes et différentes préoccupations de la mobilité durable. Notamment, il est envisageable d'évaluer l'équité quant aux coûts de la mobilité, quant à l'exposition aux polluants atmosphériques relâchés par les véhicules motorisés, quant à l'exposition des bruits de la circulation et bien d'autres.

4.10. CONCLUSION

Le chapitre a abordé différents indicateurs susceptibles de contribuer au développement du portrait de la mobilité durable de la région métropolitaine de Montréal. À titre exploratoire, plusieurs indicateurs ont été conceptualisés. Quelques uns ont été mesurés pour un échantillon de secteurs municipaux. Une emphase particulière a été mise sur les caractéristiques spatio-temporelles des indicateurs. À travers l'ensemble des enjeux et des préoccupations traités, il a été démontré qu'il est possible de rendre dynamiques les indicateurs afin de d'améliorer la compréhension des composantes de la mobilité durable. L'indicateur clé de cette approche dynamique est le suivi de la population lors de ses activités quotidiennes sur le territoire de l'agglomération car celle-ci constitue la base du développement de bon nombre d'indicateurs dynamiques.

CHAPITRE 5 : CONCLUSION GÉNÉRALE

5.1. OBJECTIFS

L'objectif général du présent mémoire consistait à clarifier le concept de mobilité durable pour une éventuelle application au cas de la région métropolitaine de Montréal. Pour y parvenir, ont été rassemblées, diverses interprétations du concept et de nombreuses notions susceptibles d'aider à la compréhension plus pointue de la mobilité durable. Dans un deuxième temps, plusieurs indicateurs pouvant contribuer au portrait de la mobilité durable au niveau de l'agglomération, ont été rassemblés et classifiés. Finalement, certains indicateurs choisis au préalable, ont été adaptés, conceptualisés et mesurés afin de rendre compte en partie de la mobilité durable pour l'agglomération de Montréal. Pour cette dernière partie, l'objectif a été de prendre en considération la complexité spatio-temporelle de la mobilité durable dans la conception d'indicateurs dynamiques.

5.2. CONTRIBUTIONS

Nous avons pu constater que le concept de mobilité durable a plusieurs visages (différentes interprétations). À cet effet, il est possible avec une recherche succincte sur Internet de percevoir l'ambiguïté dans l'interprétation ainsi que dans l'application pratique. L'une des premières contributions de ce mémoire est d'avoir exposé et synthétisé plusieurs informations, notions et approches permettant de cerner davantage le concept de mobilité durable.

Les informations rassemblées, dans la première section du chapitre 2, contribuent, par l'entremise de son historique, de ses définitions, de ses trois piliers, de son volet spatio-

temporel et de ses principes, à la compréhension de la notion de durabilité. Notamment, une définition de la mobilité durable et, aussi, une distinction entre les notions de transport durable et de la mobilité durable ont été présentées.

Dans la section suivante, les indicateurs rassemblés dans un système contribuent à donner une vision plus adaptée du principe de durabilité. Ils ont contribué, aussi, à synthétiser les grands enjeux et les grandes préoccupations de la mobilité durable.

La présentation d'une méthode de fusion des données du recensement canadien à ceux de l'enquête OD, constitue une autre contribution de ce mémoire. La validation de la fusion de certaines variables du recensement à celui de l'enquête a donné suite à la fusion de la variable du revenu des ménages. Il a été démontré que l'attribution des valeurs pondérées du revenu par ménage du recensement selon le secteur de recensement et la taille du ménage à l'enquête OD ne correspondait pas à un vecteur de transmission adéquat. L'attribution des valeurs du recensement s'est donc faite en fonction du secteur de recensement créant ainsi, pour l'enquête, une variable du revenu du ménage complète. Cette même variable a permis la construction de l'indicateur de l'équité quant à l'accessibilité aux transports en commun.

Parmi les indicateurs exposés, une attention particulière a été accordée à la complexité spatio-temporelle de la mobilité et de la durabilité. Cette dernière a été appliquée dans la conceptualisation des indicateurs dynamiques. Ces derniers, contrairement aux indicateurs traditionnels (statiques), permettent d'évaluer un phénomène pour l'ensemble de la journée (24 heures). Sachant, que certaines préoccupations associées à la mobilité durable, telle que l'accessibilité au TC, présentent des variations importantes au cours de la journée, il est essentiel de concevoir une approche plus raffinée que celle basée sur des valeurs quotidiennes ou bien encore qui ne tiennent compte que des données pour l'heure de pointe du matin. Ce mémoire s'est donc

évertué à présenter une perspective spatio-temporelle différente qui contribue à tendre davantage vers une mobilité durable.

En résumé, les contributions de ce mémoire sont :

- La synthèse de l'information disponible dans la **littérature** permettant de mieux comprendre le concept de mobilité durable;
- La proposition d'un **système de classement** des indicateurs et la création d'un **inventaire des indicateurs** relatifs à la mobilité durable;
- L'application d'une **méthode de fusion de données** (revenu des ménages) du recensement canadien à l'enquête OD;
- L'application d'un **taux de remplissage** des secteurs (personnes présentes dans le secteur), dans une approche dynamique (évolution sur une période de 24h);
- La conceptualisation et la construction d'un **indice d'étalement de la population** dynamique considérant une période de 24h;
- La conceptualisation et l'application d'un indicateur mesurant l'évolution de **l'espace consommé par le système de transport**;
- L'application d'une relation entre les résidents d'un secteur et la superficie de son réseau routier (**part du réseau routier par résident**) ainsi que la construction d'un indicateur dynamique considérant la population de jour contrairement à la population résidente;
- La conceptualisation d'un indicateur dynamique mesurant **l'accessibilité au TC** par l'entremise de niveaux (transferts) et des arrêts actifs sur un territoire et pour une journée (période de 24h);
- La conceptualisation d'un indicateur dynamique de **consommation de l'espace des véhicules** (TC et automobile) en mouvement et au repos;

- La conceptualisation et l'application d'un indice de **fragmentation de l'espace** considérant de manière dynamique (période de 24h) l'apparition et la disparition de barrières physico-spatiales attribuables à la circulation automobile.
- L'application et la transformation d'un indicateur mesurant la part de la population contribuant, par leur déplacement en transport actif, à une meilleure santé (**volume d'activité physique**);
- La transposition et l'application de l'indice de Gini multidimensionnelle permettant d'évaluer l'uniformité (**l'équité**) d'accessibilité au TC pour différentes classes de revenu des ménages.

5.3. LIMITATIONS & PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Quelques éléments établissent les limites de la notion et de l'application de la mobilité durable. Deux éléments semblent particulièrement importants. Sachant que la notion de durabilité recherche un équilibre entre l'environnement, l'économie et la société, le choix d'un seuil d'équilibre semble plutôt arbitraire (choix politique) et par conséquent il constitue une difficulté à l'application du concept. Deuxièmement, tant qu'il n'existera pas une définition claire et unique de ce que la mobilité durable comporte, le développement d'indicateurs et de mesures sera continuellement repensé. Bien que le mémoire ait abordé plusieurs définitions de la mobilité durable et qu'il ait ciblé différents indicateurs et mesures potentiels, seulement une infime partie de ces derniers ont été traités.

De plus, la construction des indicateurs et des mesures de la mobilité durable nécessite des outils et des données spécifiques. Étant donné que d'innombrables données soient non disponibles (localisation des arrêts, les types des infrastructures du réseau routier

dans les FRR, l'itinéraire des déplacements, le temps de déplacement et bien d'autres), plusieurs indicateurs n'ont pas été retenus pour la conceptualisation et l'application au chapitre 4. L'indisponibilité de certaines données a nécessité à plusieurs reprises une simplification dans l'application des mesures de la mobilité durable.

À la suite de ce travail, il convient de croire que les perspectives de recherches sont nombreuses car le concept de la mobilité durable est à ses premiers balbutiements. Il m'a été donné de constater, lors de mes dernières participations à des forums et à des colloques, que généralement la notion de durabilité est encore au stade de la diffusion du concept, ce qui laisse croire qu'il y a plusieurs contributions à venir.

Beaucoup de ces travaux seront faits afin de synthétiser davantage la notion de durabilité sans trop la banaliser. Pour ce faire, il devra y avoir des réflexions philosophiques sur ce à quoi correspondent le bien-être des individus et un environnement viable pour les êtres vivants.

La plupart des indicateurs proposés dans le chapitre 4 de ce mémoire n'ont pas été validés. Il devra donc être envisagé ultérieurement l'analyse de la représentativité de chacun de ces indicateurs. De plus, ceux-ci ne représentent qu'une partie des indicateurs pouvant contribuer à un portrait complet de la mobilité durable pour la grande région de Montréal. Pour cette raison, il devra y avoir d'autres développements d'indicateurs de mobilité durable qui tant que possible devront considérer la complexité spatio-temporelle explicitée dans ce mémoire.

En dernier lieu, la conceptualisation des indicateurs a laissé paraître une certaine carence au niveau des données disponibles pour la construction des mesures de la mobilité durable. Les modèles d'affectations routière, traitent les déplacements avec des matrices qui ne permettent pas de suivre un enregistrement de l'enquête, ni de

garder les informations socioéconomiques de ce dernier. Des recherches afin de définir une méthode susceptible de suivre les enregistrements de l'enquête dans un modèle d'affectation sont d'ailleurs en cours.

RÉFÉRENCES

- AAA. (2008). *Crashes vs Congestion, what's the Cost to Society*. Irving: American Automobile Association.
- AMT. (2003). *Enquêtes origine-destination métropolitaines*. Consulté le 27 juillet 2007, tiré de <http://www.cimtu.qc.ca/EnqOD/index.asp>.
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm, *Transport Policy*, (15), 73-80.
- Bertaud, A. (2003). Metropolis : A Measure of the Spatial Organisation of 7 Large Cities.
- Bonnafous, A. & Masson, S. (2003). Evaluation des politiques de transports et equite spatiale, *Revue d'économie régionale et urbaine*, (4), 547-572.
- Centre pour un transport durable. (1997). *Définition et vision du transport durable*. Toronto: Le Centre pour un transport durable.
- Chapleau, R. (1988). Mesure de la redistribution des bénéfices et des coûts associés à un réseau de transport en commun. *23^e congrès annuel de l'A.Q.T.R.*, (53-70). Montréal: Exposé des communications - Congrès A.Q.T.R.
- Chapleau, R. (1992). La modélisation de la demande de transport urbain avec une approche totalement désagrégée. *World Conference on Transportation Research*, (2, 937-948). Lyon.
- Chapleau, R. (1993). Le jour et la nuit des transports dans la grande région de Montréal. *28^e congrès annuel de l'A.Q.T.R.*, (98-111). Sainte-Adèle: Exposé des communications - Congrès A.Q.T.R.
- 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., Allard, B., & Canova, M. (1982). MADITUC, un Modèle de Planification Opérationnelle adapté aux Entreprises de Transport en Commun de Taille Moyenne, *Centre de Recherches sur les Transports*, (265).
- Chapleau, R. & Morency, C. (2001). Impacts of settlement patterns and dynamics on urban mobility behavior: findings from the combination of multiple data sources. *World Conference on Transportation Research*. Séoul, Corée.
- Chapleau, R. & Morency, C. (2004). Effets redistributifs des infrastructures de transport routier et en commun du Grand Montréal, 1987-1998. *17e entretiens du Centre Jacques Cartier*. Montréal.
- Chapleau, R. & Trépanier, M. (1997). Transportation Object-Oriented Modeling: an Extension of the Totally Disaggregate Approach. *Eight International Conference on Travel Behavior Research*, (17). Austin, Texas.
- Cools, P. M., Shepherd, G., Zotter, F., Lefevre, A., & Terry, W. (2004). *Le groupe de travail sur l'évaluation et la limitation des impacts sociaux et environnementaux des réseaux routiers et des politiques de transports*. Bruxelles: AIPCR.
- Cox, W. (2006). *Housing and transportation in Montreal : How suburbanization is improving the region's competitiveness*. Montréal: Institut économique de Montréal.
- CQDD. (2001). *Les indicateurs de développement durable: Fascicule 1 à 6*. Alma: Centre Québécois du Développement Durable. Consulté le 8 mai 2007, tiré de http://sdeir.ugac.ca/notice_web.asp?document=13827337#doc.
- CRDI. (2007). *Le Centre de recherches pour le développement international*. Consulté le 15 novembre 2007, tiré de http://www.idrc.ca/fr/ev-43631-201-1-DO_TOPIC.html.
- CTD. (1997). *Définition et vision du transport durable*. Toronto: CTD - Le Centre pour un transport durable.

- Dagum, C. (1997). A new approach to the decomposition of the Gini income inequality ratio, *Empirical Economics*, (22), 515-531.
- De Villers, J. & Reniers, J.-M. (2000). *Élaboration et application d'un set d'indicateurs pour un développement durable des transports en Belgique*: Centre d'Études Économiques et Sociales de l'Environnement (CEESE), Université Libre de Bruxelles (ULB).
- DfT. (2005). *WebTag (Transport Analysis Guidance)*, Royaume-Unis DfT - Department for Transport. tiré de http://www.webtag.org.uk/webdocuments/doc_index.htm#01.
- Domingo, A. & Porlier, A. (2007). *Indicateurs de l'état de l'environnement: Bilan pour la période de référence 1999-2003*. Montréal: Conseil régional de l'environnement de Montréal. Consulté le 15 mai 2007, tiré de http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/dev_durable_fr/media/documents/PSDD_2007-2009F.pdf.
- EEA & EIONET. (2000). *Are we moving in the right direction? Indicators on transport and environmental integration in the EU: TERM 2000*. Copenhagen: European Environment Agency - EEA, European Environment Information and Observation Network - EIONET. Consulté le 15 mai 2007, tiré de <http://reports.eea.europa.eu/ENVISSUENo12/en>.
- EEA & EIONET. (2001). *Indicators tracking transport and environment integration in the European Union, TERM 2001*. Copenhagen: European Environment Agency - EEA, European Environment Information and Observation Network - EIONET. Consulté le 15 mai 2007, tiré de <http://reports.eea.europa.eu/term2001/en>.
- EEA & EIONET. (2002). *Indicators of transport and environment integration, TERM 2002*. Copenhagen: European Environment Agency - EEA, European Environment Information and Observation Network - EIONET. Consulté le 15 mai 2007, tiré de http://reports.eea.europa.eu/environmental_issue_report_2002_24/en.

- Essakali, M. D. (1999). *Expérimentation à propos des effets redistributifs de l'usage d'un réseau routier urbain*. M. Sc. A., École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada.
- Essakali, M. D. & Chapleau, R. (2000). Quelle justice dans le système de transport de la région de Montréal: une question de méthodologie? *35e congrès annuel de l'AQTR* Québec.
- Gallez, C. (2000). *Indicateurs d'évaluation de scénario d'évolution de la mobilité urbaine*. Paris: INRETS.
- Gilbert, R., Irwin, N., Hollingworth, B., & Blais, P. (2002). *Sustainable transportation performance indicators (STPI) project*. Toronto: Le Centre pour un Transport Durable.
- Gini, C. (1921). Measurement of inequality and incomes, *The Economic Journal*, (31), 124-126.
- Klooz, D. & Schneider, T. (2000). The sustainable development barometer and the key-indicator-set : Two tools and their application in the city of winterthur. *Making sustainable regional development visible, evaluation methods and indicators in the regional context*, (37-48). Leibnitz.
- Lamont, J. & Favor, C. (2007). *Distributive justice*. *Stanford encyclopedia of philosophy* Consulté le 22 juillet 2007, tiré de <http://plato.stanford.edu/entries/justice-distributive/>.
- Lautso, K. (2004). The PROPOLIS approach to urban sustainability and the application of the approach in seven European cities, *Transportation Research Board*, 17.
- Litman, T. (2003). *Social Inclusion as a transport planning issue in Canada*. Victoria: Victoria Transport Policy Institute.
- Litman, T. (2005). *Measuring transportation: traffic, mobility and accessibility*. Victoria: Victoria Transport Policy Institute.

- Litman, T. (2006). *Evaluating Transportation Equity : Guidance For Incorporating Distributional Impacts in Transportation Planning*. Victoria: Victoria Transport Policy Institute. Consulté le 15 mai 2007, tiré de <http://www.vtpi.org/equity.pdf>.
- Litman, T. (2007). *Developing indicators for comprehensive and sustainable transport planning*. Victoria: Victoria transport policy institute.
- Maric, M. (1996). Égalité et équité: l'enjeu de la liberté. Amartya Sen face à John Rawls et à l'économie normative, *Revue française d'économie*, XI(3), 95-125.
- Marsden, G., Kelly, C., & Snell, C. (2006). *Selecting Indicators for Strategic Performance Management*.
- Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs. (2004). *Plan de développement durable du Québec*, MDDEP.
- Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs. (2005). *Loi sur le développement durable*. Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs,, 118.
- Morency, C. (2004). *Contributions à la modélisation totalement désagrégée des interactions entre mobilité urbaine et dynamiques spatiales*. Ph.D., École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada.
- Morency, C. & Chapleau, R. (2004). Network-oriented definition of space and its contribution to the understanding of urban behaviours. *10th World Conference on Transportation Research*. Istanbul, Turquie.
- Morency, C. & Chapleau, R. (2008). Age and its relation with home location, household structure and travel behaviors: 15 years of observation. *87th Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington, D.C.
- Morency, C. & Demers, M. (2007). The "Steps in Reserve": An unexploited way to make our children more active during their daily routine. *International Conference on physical Activity and Obesity in Children*. Toronto.

- Morency, C., Trépanier, M., & Demers, M. (2008). Le transport en commun complice de votre santé?!, *Routes & Transports*, 37(2).
- MTQ. (2007). *Modélisation des systèmes de transport*, Ministère des Transpor du Québec. Consulté le 27 juillet 2007, tiré de http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/ministere/ministere/recherche_inovation/modelisation_systeme_transport.
- Mussard, S. (2006). Une réconciliation entre la décomposition en sous-groupes et la décomposition en sources de revenu de l'indice de Gini. La multi-décomposition de l'indicateur de Gini., *Annales d'économie et de statistique*, (61), 169-193.
- Mussard, S., Koubi, M., Seyte, F., & Terraza, M. (2006). *Un exemple d'application de la décomposition de la mesure de Gini aux inéglités par genre et par catégories socioprofessionnelles*. Montpellier, France: Faculté des Sciences Économiques de Montpellier & Ministère des Affaires Sociales, du Travail et de la Solidarité. Consulté le 25 novembre 2007, tiré de http://vserver-insee.nexen.net/jms/site/files/documents/2006/406_1-JMS2005_SESSION04_KOUBI-MUSSARD-SEYTE-TERRAZA_ACTES.PDF.
- Mussard, S., Seyte, F., & Terraza, M. (2003). *Une analyse des inégalités salariales en Languedoc-Roussillon en 1996, Une étude par l'indice multidimensionnel de Gini*. Montpellier, France: Faculté des Sciences Économiques. Consulté le 25 novembre 2007, tiré de <http://www.lameta.univ-montp1.fr/Fr/Productions/Documents/WP2003-12.pdf>.
- Mussard, S., Seyte, F., & Terraza, M. (2004). Décomposition de l'indice de Gini des prix des vins de l'Hérault. *Oenometrie XI*. Dijon. Consulté le 25 novembre 2007, tiré de <http://www.vdqs.net/2004DIJON/FR/R&T.asp#35>.
- Mussard, S., Seyte, F., & Terraza, M. (2006). *La décomposition de l'indicateur de Gini en sous-groupes: Une revue de littérature*. Sherbrooke: Département d'Économique de la Faculté d'administration à l'Université de Sherbrooke. Consulté le 25 novembre 2007, tiré de <http://ideas.repec.org/e/pmu61.html>.

- Mussard, S. & Terraza, M. (2007). *Décomposition des mesures d'inégalité : le cas des coefficients de Gini et d'entropie*: IRISS.
- Nations Unies. (1987). *Report of the world commission on environment and development* (General assembly resolution No. A/42/427): United Nations.
- Nations Unies. (1992). Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement. Rio de Janeiro.
- Nations Unies. (1998). *Protocole de Kyoto à la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*. Kyoto: Nations Unies.
- Nations Unies. (2002). Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement. Johannesburg
- Nicolas, J.-P., Pochet, P., & Poimboeuf, H. (2001a). *Indicateurs de Mobilité Durable sur l'Agglomération Lyonnaise, méthodes et résultats*. Lyon: Association pour les pratiques du développement durable, Laboratoire d'Économie des Transports.
- Nicolas, J.-P., Pochet, P., & Poimboeuf, H. (2001b). *Indicateurs de mobilité durable, application à l'agglomération de Lyon*. Lyon: Association pour les pratiques du développement durable, Laboratoire d'Économie des Transports. Consulté le 7 novembre 2007.
- Nicolas, J.-P., Pochet, P., & Poimboeuf, H. (2002). Mobilité urbaine et développement durable: quels outils de mesure pour quels enjeux?, *Les cahiers scientifiques du transport*, (41), 53-76.
- Nicolas, J.-P., Pochet, P., & Poimboeuf, H. (2003). Towards sustainable mobility indicators: application to the Lyons conurbation, *Transport policy*, (10), 197-208.
- Nicolas, J.-P. & Verry, D. (2005). *Indicateurs de mobilité durable: de l'état de l'art à la définition des indicateurs dans le projet SIMBAD*: Laboratoire d'Économie des Transports.

OCDE. (1996). Vers des transports durables. *Vers des transports durables*, (206). OCDE.

Office de l'efficacité énergétique. (2008). *Cotes de consommation de carburant*. Consulté le 12 mai 2008, tiré de <http://oee.nrcan.gc.ca/transports/outils/consommation-carburant/cotes-recherche.cfm>.

Paillaud, B. (2004). *Développement durable et transport: Dossier thématique*. Paris: UTP. Consulté le 15 avril 2007, tiré de http://www.utp.fr/documents/publications.php?id_rub=6&idssrub=19.

Québec, G. d. (2004). *Plan de développement durable du Québec*, Ministère de l'environnement.

RAC Foundation. (2004). *Parking in Transport Policy*. London: RAC Foundation.

Rawls, J. (1971). *A theory of justice*. Cambridge: Harvard University Press.

Rawls, J. (1993). *Political Liberalism*. New-York: Columbia University Press.

Ressources naturelles du Canada. (2008). *Info-Carburant*. Consulté le 18 juin 2008, tiré de http://infocarburant.rncan.gc.ca/index_f.cfm.

Robert, J. (2005). Une vitesse de show et d'inégalité, *Antivoitures*, Consulté le 30 mai 2008, tiré de <http://carfree.free.fr/index.php/2005/07/20/une-vitesse-de-show-et-dinegalite/>.

Toronto Public Health. (2007). *Air pollution burden of illness from traffic in Toronto – problems and solutions*. Toronto: Toronto Public Health.

Transports Québec. (2007). *Effet de serre et changements climatiques*. Québec: Gouvernement du Québec. Consulté le 5 avril 2008, tiré de http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/environnement/changements_climatiques/effet_serre_changements_climatiques.

- Trépanier, M. (1999). *Modélisation totalement désagrégée et orienté-objet appliquée aux transports urbains*. Ph.D., École polytechnique de Montréal, Québec, Canada.
- UICN. (1980). *La Stratégie mondiale de la conservation*: Union internationale pour la conservation de la nature.
- UITP. (2004). *Un ticket pour l'avenir: Les trois pôles de la mobilité durable*. Bruxelles: Union Internationale des transports publics.
- UITP. (2007). *Façonner demain dès aujourd'hui: La place donnée au développement durable dans le secteur du transport public 2005-7 (Charte)*. Bruxelles: Union Internationale des transports publics.
- UNCSD. (2001). *Indicators of sustainable development: framework and methodologies*. New York: Nations-Unies.
- United Nations. (1987). *Report of the world commission on environment and development* (General assembly resolution No. A/42/427): United Nations.
- Wackernagel, M. (2002). Le dépassement des limites de la planète, *L'écologiste*, (8), 31-36.

ANNEXES

ANNEXE 1- LES 27 PRINCIPES DU SOMMET DE LA TERRE À RIO

Nations Unies Assemblée générale

A/CONF.151/26 (Vol. I)

12 août 1992

DÉCLARATION DE RIO SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT

La Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement,

Réunie à Rio de Janeiro du 3 au 14 juin 1992,

Réaffirmant la Déclaration de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement adoptée à Stockholm le 16 juin 1972, et cherchant à en assurer le prolongement,

Dans le but d'établir un partenariat mondial sur une base nouvelle et équitable en créant des niveaux de coopération nouveaux entre les États, les secteurs clefs de la société et les peuples,

Œuvrant en vue d'accords internationaux qui respectent les intérêts de tous et protègent l'intégrité du système mondial de l'environnement et du développement, Reconnaissant que la Terre, foyer de l'humanité, constitue un tout marqué par l'interdépendance,

Proclame ce qui suit :

PRINCIPE 1

Les êtres humains sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Ils ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature.

PRINCIPE 2

Conformément à la Charte des Nations Unies et aux principes du droit international, les États ont le droit souverain d'exploiter leurs propres ressources selon leur politique d'environnement et de développement, et ils ont le devoir de faire en sorte que les activités exercées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle ne causent pas de dommages à l'environnement dans d'autres États ou dans des zones ne relevant d'aucune juridiction nationale.

PRINCIPE 3

Le droit au développement doit être réalisé de façon à satisfaire équitablement les besoins relatifs au développement et à l'environnement des générations présentes et futures.

PRINCIPE 4

Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée isolément.

PRINCIPE 5

Tous les États et tous les peuples doivent coopérer à la tâche essentielle de l'élimination de la pauvreté, qui constitue une condition indispensable du développement durable, afin de réduire les différences de niveaux de vie et de mieux répondre aux besoins de la majorité des peuples du monde.

PRINCIPE 6

La situation et les besoins particuliers des pays en développement, en particulier des pays les moins avancés et des pays les plus vulnérables sur le plan de l'environnement, doivent se voir accorder une priorité spéciale. Les actions internationales entreprises en matière d'environnement et de développement devraient également prendre en considération les intérêts et les besoins de tous les pays.

PRINCIPE 7

Les États doivent coopérer dans un esprit de partenariat mondial en vue de conserver, de protéger et de rétablir la santé et l'intégrité de l'écosystème terrestre. Étant donné la diversité des rôles joués dans la dégradation de l'environnement mondial, les États ont des responsabilités communes mais différenciées. Les pays développés admettent la responsabilité qui leur incombe dans l'effort international en faveur du développement durable, compte tenu des pressions que leurs sociétés exercent sur l'environnement mondial et des techniques et des ressources financières dont ils disposent.

PRINCIPE 8

Afin de parvenir à un développement durable et à une meilleure qualité de vie pour tous les peuples, les États devraient réduire et éliminer les modes de production et de consommation non viables et promouvoir des politiques démographiques appropriées.

PRINCIPE 9

Les États devraient coopérer ou intensifier le renforcement des capacités endogènes en matière de développement durable en améliorant la compréhension scientifique par des échanges de connaissances scientifiques et techniques et en facilitant la mise au point, l'adaptation, la diffusion et le transfert de techniques, y compris de techniques nouvelles et novatrices.

PRINCIPE 10

La meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation de tous les citoyens concernés, au niveau qui convient. Au niveau national, chaque individu doit avoir dûment accès aux informations relatives à l'environnement que détiennent les autorités publiques, y compris aux informations relatives aux substances et activités dangereuses dans leurs collectivités, et avoir la possibilité de participer aux processus de prise de décision. Les États doivent faciliter et encourager la sensibilisation et la participation du public en mettant les informations à la disposition de celui-ci. Un accès effectif à des actions judiciaires et administratives, notamment des réparations et des recours, doit être assuré.

PRINCIPE 11

Les États doivent promulguer des mesures législatives efficaces en matière d'environnement. Les normes écologiques et les objectifs et priorités pour la gestion de l'environnement devraient être adaptés à la situation en matière d'environnement et de développement à laquelle ils s'appliquent. Les normes appliquées par certains pays peuvent ne pas convenir à d'autres pays, en particulier à des pays en développement, et leur imposer un coût économique et social injustifié.

PRINCIPE 12

Les États devraient coopérer pour promouvoir un système économique international ouvert et favorable, propre à engendrer une croissance économique et un développement durable dans tous les pays, qui permettrait de mieux lutter contre les problèmes de dégradation de l'environnement. Les mesures de politique commerciale motivées par des considérations relatives à l'environnement ne devraient pas constituer un moyen de discrimination arbitraire ou injustifiable, ni une restriction déguisée aux échanges internationaux. Toute action unilatérale visant à résoudre les grands problèmes écologiques au-delà de la juridiction du pays importateur devrait être évitée. Les mesures de lutte contre les problèmes écologiques transfrontières ou mondiaux devraient, autant que possible, être fondées sur un consensus international.

PRINCIPE 13

Les États doivent élaborer une législation nationale concernant la responsabilité de la pollution et d'autres dommages à l'environnement et l'indemnisation de leurs victimes. Ils doivent aussi coopérer diligemment et plus résolument pour développer davantage le droit international concernant la responsabilité et l'indemnisation en cas d'effets néfastes de dommages causés à l'environnement dans des zones situées au-delà des limites de leur juridiction par des activités menées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle.

PRINCIPE 14

Les États devraient concerter efficacement leurs efforts pour décourager ou prévenir les déplacements et les transferts dans d'autres États de toutes activités et substances qui provoquent une grave détérioration de l'environnement ou dont on a constaté qu'elles étaient nocives pour la santé de l'homme.

PRINCIPE 15

Pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les États selon leurs capacités. En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement.

PRINCIPE 16

Les autorités nationales devraient s'efforcer de promouvoir l'internalisation des coûts de protection de l'environnement et l'utilisation d'instruments économiques, en vertu du principe selon lequel c'est le pollueur qui doit, en principe, assumer le coût de la pollution, dans le souci de l'intérêt public et sans fausser le jeu du commerce international et de l'investissement.

PRINCIPE 17

Une étude d'impact sur l'environnement, en tant qu'instrument national, doit être entreprise dans le cas des activités envisagées qui risquent d'avoir des effets nocifs importants sur l'environnement et dépendent de la décision d'une autorité nationale compétente.

PRINCIPE 18

Les États doivent notifier immédiatement aux autres États toute catastrophe naturelle ou toute autre situation d'urgence qui risque d'avoir des effets néfastes soudains sur l'environnement de ces derniers. La communauté internationale doit faire tout son possible pour aider les États sinistrés.

PRINCIPE 19

Les États doivent prévenir suffisamment à l'avance les États susceptibles d'être affectés et leur communiquer toutes informations pertinentes sur les activités qui peuvent avoir des effets transfrontières sérieusement nocifs sur l'environnement et mener des consultations avec ces États rapidement et de bonne foi.

PRINCIPE 20

Les femmes ont un rôle vital dans la gestion de l'environnement et le développement. Leur pleine participation est donc essentielle à la réalisation d'un développement durable.

PRINCIPE 21

Il faut mobiliser la créativité, les idéaux et le courage des jeunes du monde entier afin de forger un partenariat mondial, de manière à assurer un développement durable et à garantir à chacun un avenir meilleur.

PRINCIPE 22

Les populations et communautés autochtones et les autres collectivités locales ont un rôle vital à jouer dans la gestion de l'environnement et le développement du fait de leurs connaissances du milieu et de leurs pratiques traditionnelles. Les États devraient reconnaître leur identité, leur culture et leurs intérêts, leur accorder tout l'appui nécessaire et leur permettre de participer efficacement à la réalisation d'un développement durable.

PRINCIPE 23

L'environnement et les ressources naturelles des peuples soumis à oppression, domination et occupation doivent être protégés.

PRINCIPE 24

La guerre exerce une action intrinsèquement destructrice sur le développement durable. Les États doivent donc respecter le droit international relatif à la protection de l'environnement en temps de conflit armé et participer à son développement, selon que de besoin.

PRINCIPE 25

La paix, le développement et la protection de l'environnement sont interdépendants et indissociables.

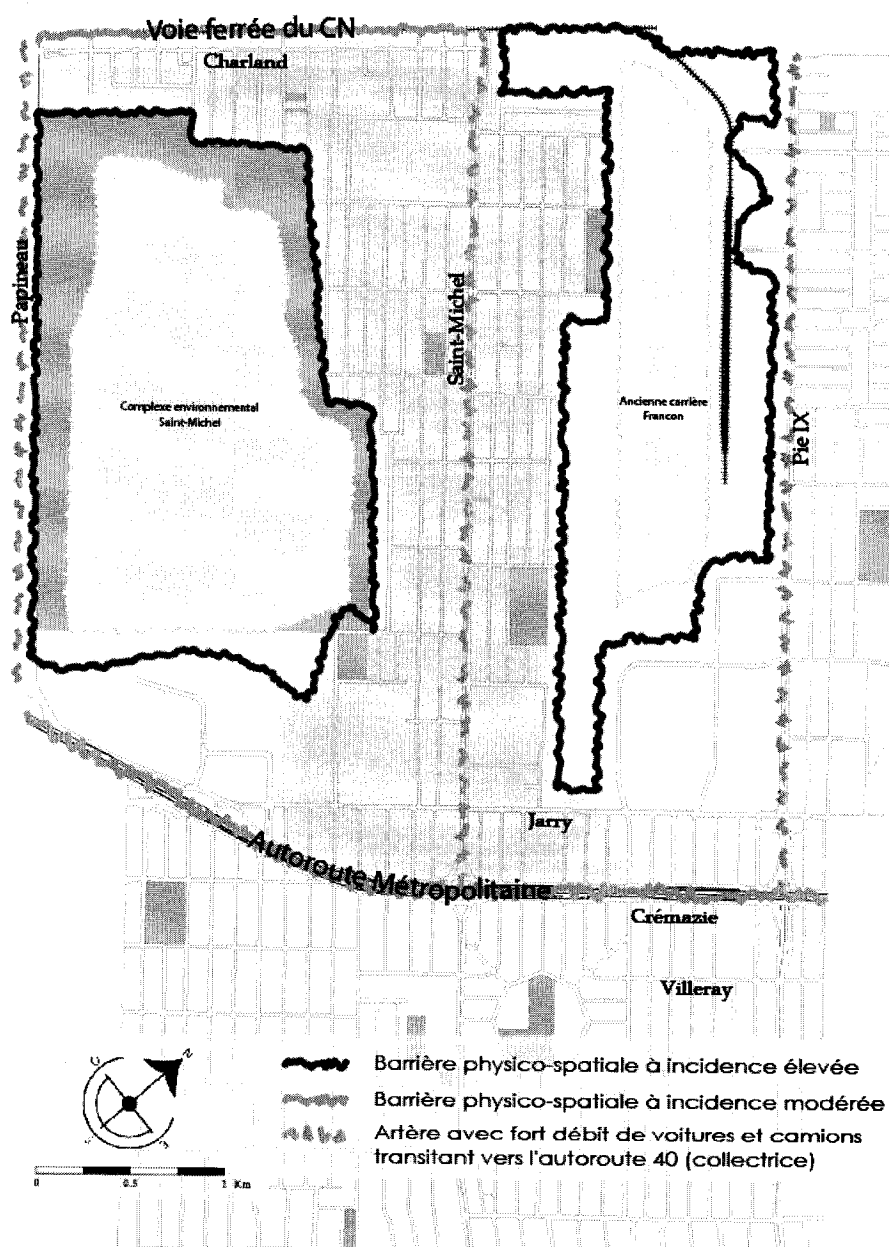
PRINCIPE 26

Les États doivent résoudre pacifiquement tous leurs différends en matière d'environnement, en employant des moyens appropriés conformément à la Charte des Nations Unies.

PRINCIPE 27

Les États et les peuples doivent coopérer de bonne foi et dans un esprit de solidarité à l'application des principes consacrés dans la présente Déclaration et au développement du droit international dans le domaine du développement durable.

ANNEXE 2 – BARRIÈRES PHYSICO-SPATIALES, FRAGMENTATION DE L'ESPACE



Exemple construit, à partir du quartier Saint-Michel à Montréal, démontrant la contribution de différents éléments à l'effet de fragmentation de l'espace.