

Titre: Caractérisation objective de la demande de transport adapté
Title:

Auteur: Marie-Christine Desharnais
Author:

Date: 2009

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Desharnais, M.-C. (2009). Caractérisation objective de la demande de transport adapté [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie.
Citation: <https://publications.polymtl.ca/8426/>

Document en libre accès dans PolyPublie

Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/8426/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Robert Chapleau
Advisors:

Programme: Non spécifié
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

CARACTÉRISATION OBJECTIVE DE LA DEMANDE
DE TRANSPORT ADAPTÉ

MARIE-CHRISTINE DESHARNAIS

DÉPARTEMENTS 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)
JUILLET 2009



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: 978-0-494-53899-9
Our file Notre référence
ISBN: 978-0-494-53899-9

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.

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

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

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 protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

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

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:

**CARACTÉRISATION OBJECTIVE DE LA DEMANDE
DE TRANSPORT ADAPTÉ**

présenté par: DESHARNAIS Marie-Christine
en vue de l'obtention du diplôme de: Maîtrise ès sciences appliquées
a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de:

M. TRÉPANIER Martin, Ph.D., président

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

M. GRONDINES Jocelyn, M.Sc.A., membre

REMERCIEMENTS

« [Stand] up for what you believe. If you feel you are neither contributing nor learning where you are, use your two feet and go somewhere else. The only person responsible for your experience is you. » (Holman, Devane et al., 2007)

L'auteure tient à remercier le professeur Robert Chapleau pour son approche unique qui apporte chaque jour de nouveaux échanges, de nouveaux questionnements et de nouvelles découvertes.

Un merci particulier également aux membres du groupe MADITUC (Bruno Allard, Daniel Piché, Guillaume Bisaillon et Vincent Dionne) pour leur expertise.

L'auteure désire aussi remercier le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FQRNT) ainsi que le Ministère des Transports du Québec (MTQ) pour leur support financier.

Finalement, l'auteure remercie aussi sa famille qui l'a toujours soutenue dans ses projets ainsi que son conjoint, Abdel Acosta, pour son oreille attentive et sa patience inestimable.

RÉSUMÉ

La capacité de se déplacer joue un rôle essentiel dans l'accès aux services de santé, d'éducation et de loisir tout en influençant le choix des lieux de domicile et de travail (Union des municipalités du Québec, 2008). Pour les personnes à mobilité réduite, davantage susceptibles de souffrir d'isolement, l'accès à un moyen de transport a un impact certain sur leur intégration à la société et sur leur qualité de vie. Or, le service de transport adapté -nécessaire et cher à la société québécoise- demeure inadapté face à plusieurs de leurs besoins, d'autant plus que le portrait de cette clientèle particulière est en constante évolution, influencée entre autres par le vieillissement accéléré de la population ainsi que l'accroissement de l'espérance de vie et du désir d'accessibilité. L'interférence causée par ces nouvelles tendances sociétales sur la demande de transport adapté nécessite que les enjeux associés, qui surpassent celui d'efficacité économique, soient clarifiés.

Profitant de l'effervescence tant au niveau des potentialités analytiques des données disponibles que du contexte sociétal favorable à l'intégration des personnes handicapées, cet exercice de recherche caractérise la demande de transport adapté à partir des us et coutumes déclarés de la clientèle du service montréalais. Ces « us et coutumes » sont décrits par le biais des données opérationnelles planifiées telles que réalisées du système de transport adapté. L'ensemble de données se distingue par sa passivité (données recueillies sans contact direct avec l'enquêté, c'est-à-dire le client), sa complétude (échantillon 100%) et la richesse de son information (individuelle, spatiotemporelle et sociodémographique). Ce type d'ensemble de données est associé à des méthodes d'enquêtes encore émergentes et possède un potentiel informationnel encore sous-exploité.

Dans le cadre de cette étude, les données observées permettent de révéler les signatures caractéristiques de la clientèle en ayant recours à l'analyse et la modélisation

catégorielles. La synthèse de l'information, loin d'être réductrice, permet de faire émerger « des structures plus ou moins nettes, plus ou moins durables, [...] pour peu que l'on accepte de [...] s'éloigner temporairement des individus pour observer le groupe» (Banos, 2001). En disciplinant le chaos informationnel initial émanant des données brutes par la définition d'indicateurs de mesure de la mobilité individuelle pertinents, l'analyse catégorielle permet de cerner la variabilité comportementale sous une perspective sociodémographique et une dimension spatiotemporelle plus qu'enrichissantes. Effectivement, à chaque étape du cycle de vie, « correspond des modes de vie et des programmes d'activité, donc des niveaux et des comportements de mobilité différenciés » (Claisse, Diaz Olvera et al., 2003) qui se traduisent par une consommation spécifique propre. L'analyse catégorielle s'appuie donc sur les caractéristiques sociodémographiques des usagers afin d'étudier l'impact de la position dans le cycle de vie ainsi que la consommation spécifique qui en découle pour chaque catégorie d'usagers. Les effets de la structure du ménage de l'usager, de la localisation du domicile, du type de déficience et du statut-usager principal sont ainsi explorés. La consommation de déplacements ainsi que le budget espace-temps alloué aux différentes activités s'avèrent distincts. Cette analyse mène à une première modélisation catégorielle permettant de cerner quelles caractéristiques sociodémographiques de la clientèle possèdent le plus grand pouvoir explicatif en ce qui a trait à la demande de déplacement. Le système d'activité soutenu par le service de transport adapté engendrant également indéniablement des coûts d'exploitation, un deuxième modèle mesure l'impact des comportements de mobilité et des patrons d'organisation de l'offre sur le coût individuel total en termes de véhicules-kilomètres. Finalement, une analyse dynamique et comparative totalement désagrégée des lieux d'activité est réalisée.

Afin de permettre une analyse individualisée des comportements et une analyse spatiotemporelle fine, une approche totalement désagrégée orientée-objet est privilégiée. Les contributions se font également à partir d'outils technologiques et logistiques tels que les systèmes d'information géographiques, les logiciels d'analyses géostatistiques

ainsi que les logiciels permettant la gestion des bases de données. L'exercice favorise également une approche visuelle, c'est-à-dire l'exploitation de représentations graphiques afin d'illustrer les dynamiques et relations liant les différentes clientèles.

Ce projet veut ainsi démontrer la nécessité de développer des outils de caractérisation et de modélisation de la demande s'appuyant sur des données observées et ce, toujours dans la perspective d'intervenir le plus efficacement possible sur la gestion des ressources. Par le fait-même, ce projet se positionne en tant que première étape dans le développement d'un modèle prévisionnel de la demande apte à reproduire la consommation spatiotemporelle spécifique de chaque type d'usager.

ABSTRACT

The ability citizens have to travel in a city directly impacts their integration in society and their quality of life by giving them the opportunity to access any place they want. For people with disabilities or reduced mobility, access to a mode of transportation is crucial. However, due to the aging of the population, increase in life expectancy and a growing desire towards accessibility, specialized transportation services are often not able to meet the travel needs of this particular clientele.

This research project takes advantage of the effervescence that surrounds the analytical potentialities of available data and of the favorable societal context towards the integration of people with disabilities to characterize specialized transportation demand. This characterization is based on a four-day complete operational archived dataset that reveals the observed customs and habits of the clientele using the paratransit service in Montreal. This dataset differentiates itself by its passive character (data collected without any direct contact with the surveyed person, i.e. the client), its completeness (a sample of 100%), and the richness of its information all at once individual, spatiotemporal, and socio-demographic. This type of dataset is associated with emergent survey methods and it possesses an informational potential still underexploited.

In this study, characteristic signatures of the clientele are revealed by categorical analysis and modeling. The synthesis of information, far from being simplistic, allows structures to emerge if one accepts to move away from the individuals to observe the group (Banos, 2001). Concerning the initial informational chaos emanating from the raw data, it can be disciplined by defining meaningful indicators that measure individual mobility. The categorical analysis then allows capturing the variability in travel behavior with a socio-demographic perspective and a spatiotemporal dimension more than instructive. Actually, each step in the life cycle corresponds to lifestyles and to

activity programs associated with distinctive levels of mobility and travel behavior (Claisse, Diaz Olvera et al., 2003). They translate into a distinctive specific consumption. Hence, the exploratory categorical analysis scrutinizes users' observed travel behavior in order to evaluate the life cycle stages and their impact on specific consumption. Within the limitation of the data, the categorization of users according to individual characteristics (such as demographic structure, type of disability, main purpose of travel, as well as household location and structure) appears to reveal unique signatures of different user types. For instance, the consumption of trips and the space-time budget allocated to the different activities prove to be distinctive. This analysis leads to a first categorical model allowing the identification of the most significant socio-demographic variables aiming to explain trip generation. A second model measures the impact of mobility behavior and of organizational patterns on the total individual cost (measured in vehicles-kilometers). Finally, a totally disaggregated, dynamic, and comparative analysis of activity locations is realized.

The data modeling process is guided by a totally disaggregate and object-oriented approach in order to allow an individualized behavioral analysis and a detailed spatiotemporal analysis. Technological and logistic tools such as geographic information systems, geo-statistical software, and database management software also contribute to the methodological approach. The exercise also favors a visual approach, i.e. graphical representations in order to illustrate the dynamics and the relations between different clienteles.

This project objective is to demonstrate how necessary it is to develop enhanced demand characterization and modeling tools that rely on observed data in order to intervene efficiently on the resource management. This project is also the first step towards the conception of an innovative predictive model of specialized transportation demand able to capture the specific spatiotemporal consumption of each type of user.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ	V
ABSTRACT.....	VIII
TABLE DES MATIÈRES.....	X
LISTE DES TABLEAUX.....	XIV
LISTE DES FIGURES.....	XVI
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	XXII
LISTE DES ANNEXES.....	XXIII
CHAPITRE 1: INTRODUCTION	1
1.1 MISE EN CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	1
1.2 OBJET DE L'ÉTUDE.....	2
1.3 CONTENU ET STRUCTURE.....	4
CHAPITRE 2: SYSTÈME DE TRANSPORT ADAPTÉ – PORTRAIT ET COMPOSANTES..	7
2.1 QU'EST DONC LE TRANSPORT ADAPTÉ?	7
2.2 IMPACT DU SYSTÈME DE VALEURS.....	7
2.3 PORTRAIT DU TRANSPORT ADAPTÉ AU QUÉBEC.....	8
2.3.1 <i>Contextes opérationnel et législatif</i>	8
2.3.2 <i>Intervenants du transport adapté</i>	10
2.4 PORTRAIT DU TRANSPORT ADAPTÉ À MONTRÉAL	11
2.4.1 <i>Historique</i>	11
2.4.2 <i>Accessibilité spatiale et temporelle</i>	12
2.4.3 <i>Gestion des déplacements</i>	12
2.4.4 <i>Flotte</i>	13
2.4.5 <i>Taux de refus et satisfaction de la clientèle</i>	15
2.4.6 <i>Clientèle, déplacements et achalandage</i>	15
2.4.7 <i>Coûts d'exploitation et financement</i>	16
2.5 COMPOSANTES DU SYSTÈME DE TRANSPORT ADAPTÉ	17
2.5.1 <i>Territoire</i>	17
2.5.2 <i>Réseau</i>	19

2.5.3 <i>Demande</i>	20
CHAPITRE 3: POSITIONNEMENT ET FONDEMENTS.....	22
3.1 APPROCHES DE MODÉLISATION.....	22
3.1.1 <i>Approche agrégée ou procédure séquentielle classique</i>	23
3.1.2 <i>Approche désagrégée</i>	28
3.1.3 <i>Approche totalement désagrégée</i>	30
3.1.4 <i>Modélisation orientée-objet en transport</i>	31
3.1.5 <i>Modélisation de la demande de transport adapté</i>	32
3.2 SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE EN TRANSPORT	35
CHAPITRE 4: DONNÉES : CONTEXTE ET STRUCTURATION	38
4.1 ÉTAT-DE-L'ART	38
4.1.1 <i>Qualité des données</i>	38
4.1.2 <i>Métadonnées : les données sur les données</i>	38
4.2 MÉTHODES D'ACQUISITION DES DONNÉES EN TRANSPORT.....	39
4.2.1 <i>Types d'enquêtes</i>	40
4.2.2 <i>Culture montréalaise</i>	43
4.3 UNE ENQUÊTE EN TOTALEMENT DÉSAGRÉGÉ	47
4.3.1 <i>Intérêt des données collectées</i>	47
4.3.2 <i>Confidentialité et éthique</i>	48
4.4 ENSEMBLE DE DONNÉES ET STRUCTURE ORIENTÉE-OBJETS	48
4.4.1 <i>Base de données initiale</i>	48
4.4.2 <i>Méthodes orientées-objets</i>	51
CHAPITRE 5: DEMANDE DE TRANSPORT ET SYSTÈME D'ACTIVITÉ : UN COUPLE INDISSOCIABLE	58
5.1 PROCÉDURE DE VALIDATION DU GÉOCODAGE DES EXTRÉMITÉS DE DÉPLACEMENT	58
5.1.1 <i>Validation de l'intégrité référentielle de la table de données Adresses communes</i>	62
5.2 PROCÉDURE DE RECONSTRUCTION DES CHAÎNES DE DÉPLACEMENTS INDIVIDUELLES	65
5.2.1 <i>Géographie temporelle</i>	65
5.2.2 <i>Méthodologie et faits saillants</i>	67
5.3 PROCÉDURE DE DÉRIVATION DES ACTIVITÉS RÉALISÉES HORS DOMICILE	68

CHAPITRE 6: CARACTÉRISATION OBJECTIVE DES COMPORTEMENTS DE MOBILITÉ EN TRANSPORT ADAPTÉ.....	71
6.1 CONTRIBUTIONS DE SOURCES DE DONNÉES EXTERNES	72
6.1.1 <i>Données de recensement</i>	73
6.2 PROFILAGE SOCIO-ÉCONOMICO-DÉMOGRAPHIQUE	75
6.2.1 <i>Langue déclarée</i>	76
6.2.2 <i>Niveau d'éducation</i>	77
6.2.3 <i>Revenus</i>	77
6.2.4 <i>Structure du ménage</i>	79
6.2.5 <i>Âge et sexe</i>	80
6.3 CONSOMMATION SPÉCIFIQUE ET CYCLE DE VIE.....	81
6.3.1 <i>Positionnement</i>	81
6.3.2 <i>Analyse catégorielle exploratoire : à la recherche de variables significatives</i>	83
6.3.3 <i>Modélisation catégorielle des déplacements</i>	107
6.4 VARIABILITÉ COMPORTEMENTALE	121
6.4.1 <i>Fidélité individuelle envers les lieux</i>	121
6.4.2 <i>Variabilité : composantes interpersonnelle et intra-personnelle</i>	122
6.4.3 <i>Coproduction : usager – opérateurs</i>	126
6.5 TRANSPORT ADAPTÉ: ENTRE RIGIDITÉ ET FLEXIBILITÉ.....	130
CHAPITRE 7: ANALYSE DYNAMIQUE ET COMPARATIVE TOTALEMENT DÉSAGRÉGÉE DES LIEUX D'ACTIVITÉ.....	133
7.1 OUTIL DE VISUALISATION	135
7.1.1 <i>Portrait global</i>	137
7.1.2 <i>Caractérisation de la clientèle</i>	138
7.1.3 <i>Influence spatiale</i>	139
7.1.4 <i>Profil d'occupation temporel</i>	140
7.1.5 <i>Dimension opérationnelle : ressources véhiculaires consommées</i>	142
7.2 ÉTUDE COMPARATIVE DES PLUS GRANDS LIEUX D'ACTIVITÉ	143
7.2.1 <i>Lieux typologiquement distincts</i>	143
7.2.2 <i>Lieux typologiquement similaires</i>	148
7.3 ANALYSE DE VOISINAGE SPATIOTEMPORELLE: IMPACT SUR LES ACTIVITÉS RÉALISÉES	151
7.3.1 <i>Méthodes analytiques</i>	151
7.3.2 <i>Localisation des domiciles et accessibilité aux activités</i>	153
7.3.3 <i>Occupation des espaces d'activité collectifs</i>	155

CHAPITRE 8: CONCLUSION	163
8.1 RÉSULTATS ET CONTRIBUTIONS.....	163
8.2 LIMITATIONS ET PERSPECTIVES	165
RÉFÉRENCES.....	168
ANNEXE.....	179

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1: Contribution des différentes instances (en milliers de dollars) au transport adapté (Transports Québec, 2007)	10
Tableau 2.2: Critères de service en 2007 (Boutin & Vignola, 2009).....	12
Tableau 2.3: Types de déplacements	12
Tableau 2.4: Kilométrage parcouru par la flotte de la STM (Société de transport de Montréal, 2007).....	14
Tableau 2.5: Déplacements en minibus et en taxis – Transport adapté (Société de transport de Montréal, 2007, 2009).....	14
Tableau 2.6 : Coût par passager selon le mode en 2007 (Boutin & Vignola, 2009).....	14
Tableau 2.7 : (a) Clientèle admise et (b) déplacements en 2007 (Boutin & Vignola, 2009)	15
Tableau 2.8 : Indicateurs de performance - Transport adapté STM (Boutin & Vignola, 2009)	16
Tableau 2.9 : Dépenses liées au transport adapté par déplacement (Société de transport de Montréal, 2009)	17
Tableau 3.1 : Définition des paramètres du modèle de distribution gravitaire	25
Tableau 4.1 : Différences entre quatre types d'enquêtes (Tourangeau, Zimowski et al., 1997) [traduit par (Chapleau, Pellecuer et al., 2006)]	40
Tableau 4.2 : Historique des enquêtes et sources de données sur l'incapacité et les systèmes de transport adapté	46
Tableau 4.3: Structure des données initiales	49
Tableau 5.1 : Géocodages multiples pour une même adresse civique.....	62
Tableau 5.2 : Nombre d'activités quotidiennes en chaque lieu	70
Tableau 6.1: Caractérisation des données de recensement utilisées	76
Tableau 6.2: Données de revenus manquantes	78
Tableau 6.3 : Revue de littérature – Variables significatives explicatives des comportements de mobilité des personnes handicapées et/ou âgées	84

Tableau 6.4 : Statistiques descriptives sommaires – Taux de déplacement quotidien individuel.....	109
Tableau 6.5: Modèle linéaire du taux de déplacement quotidien individuel – Tous motifs.....	110
Tableau 6.6: Taux de déplacement quotidien individuel moyen en fonction du motif principal de déplacement (NS : Non significatif dans le modèle)	111
Tableau 6.7 : Coût individuel total exprimé en vél-km consommés.....	117
Tableau 6.8 : Coût moyen d'un déplacement en fonction du type de déficience	119
Tableau 6.9: Statistiques descriptives agrégées quotidiennement	127
Tableau 6.10 : Variabilité spatiotemporelle dans la mobilité individuelle	128
Tableau 7.1 : Signature distinctive des plus grands lieux d'activité – Statistiques globales	146

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Structure du mémoire et concepts abordés	6
Figure 2.1 : Incapacités considérées limitatives (Politique d'admissibilité du transport adapté)	9
Figure 2.2 : Organismes de transport adapté de la grande région de Montréal	11
Figure 2.3 : Évolution du nombre de déplacements en TA à la STM (Société de transport de Montréal, 2009)	16
Figure 2.4 : Composantes du système de transport adapté et interrelations entre les éléments	17
Figure 2.5 : Frontières des différents sous-territoires	18
Figure 2.6 : Lignes de désir en fonction du motif de déplacement – Pointe AM du mardi 6 novembre	19
Figure 2.7 : Répartition (a) des domiciles et (b) des activités durant la période à l'étude	21
Figure 3.1 : Procédure séquentielle classique en quatre étapes	24
Figure 3.2 : Matrice Origines-Destinations (Ortúzar & Willumsen, 2001)	24
Figure 3.3 : Déplacement individuel totalement désagrégé d'un usager du transport adapté et contexte spatio-temporel	31
Figure 3.4 : Méta-classes d'objets en transport et relations (Trépanier, 1999)	32
Figure 3.5 : Caractéristiques des SIG-TOO	36
Figure 4.1 : Erreur versus biais d'échantillonnage (Morency, 2007)	39
Figure 4.2 : Données recueillies lors des enquêtes Origine-Destination montréalaises ..	45
Figure 4.3 : Mouvements quotidiens du transport adapté	50
Figure 4.4 : Typologie des lieux répertoriés dans la table de données Adresses communes (inspirée de Sarmiento, 2004)	50
Figure 4.5 : Potentiel informationnel des données opérationnelles	51
Figure 4.6 : Modèle-objets du transport adapté - Données du 5 au 8 novembre 2007 ..	52
Figure 4.7 : Cheminement de dérivation et d'enrichissement de l'information	54

Figure 4.8 : Table de données MOUVEMENTS	56
Figure 4.9 : Table de données CLIENTS	56
Figure 4.10 : Table de données DÉPLACEMENTS.....	57
Figure 4.11 : Table de données LIEUX D'ACTIVITÉ.....	57
Figure 5.1 : Précision du géocodage	59
Figure 5.2 : Erreurs de codification toponymique observées dans les données du transport adapté	60
Figure 5.3 : Lieux spatialement distincts possédant les mêmes coordonnées XY	61
Figure 5.4 : Procédure de validation de l'intégrité référentielle -table de données Adresses communes	63
Figure 5.5 : Types de doublons – Table de données Adresses communes	64
Figure 5.6 : Procédure de validation de la table de données Adresses communes - Exemple.....	65
Figure 5.7 : Types de chaînes de déplacements individuelles journalières.....	67
Figure 5.8 : Décomposition hiérarchique des déplacements consommés en fonction des activités dérivées et des clients actifs durant la période étudiée	68
Figure 5.9 : Portrait temporel des activités en fonction du motif (a) Occupation du sol (b) Durée.....	70
Figure 6.1 : Procédure interactive et dynamique d'extraction des données de recensement à partir du site du CREPUQ (réalisée avec le logiciel VUE).....	74
Figure 6.2 : Langue de communication	76
Figure 6.3 : Proportion de résidents (a) sans diplôme (b) ayant un diplôme universitaire	77
Figure 6.4 : Revenu moyen et localisation des domiciles des usagers du transport adapté	79
Figure 6.5 : Taille des ménages selon la localisation des domiciles des usagers du transport adapté	79
Figure 6.6 : Courbes démographiques - usagers du TA et résidents de l'île de Montréal	80

Figure 6.7 : Consommation de déplacements en fonction (a) de la cohorte d'âge et du sexe (b) de la déficience	82
Figure 6.8 : Coordonnées XY de la station de métro McGill	86
Figure 6.9 : Construction méthodologique d'une ellipse de déviation standard.....	88
Figure 6.10 : Profil temporel des embarquements et des débarquements.....	89
Figure 6.11 : Proportion d'usagers résidant avec au moins un autre usager (inspirée de Richardson, 2006).....	91
Figure 6.12 : Proportion d'usagers résidant avec au moins un autre usager en fonction de la déficience et du sexe	91
Figure 6.13 : Localisation des installations et des établissements du réseau de la santé et des services sociaux	92
Figure 6.14 : Localisation du domicile par rapport au centre-ville.....	93
Figure 6.15 : Répartition des domiciles des usagers et taux de déplacement individuel quotidien – Information en fonction de la déficience (a) Légende (b) Motrice (c) Intellectuelle (d) Organique.....	96
Figure 6.16 : Centres moyens des domiciles en fonction de la cohorte d'âge et de la langue	97
Figure 6.17 : Distribution de la clientèle en fonction du type de déficience (a) Cumulative (b) Typique	98
Figure 6.18 : Distribution de la clientèle en fonction du statut de l'usager (a) Cumulative (b) Typique	99
Figure 6.19 : Taux moyen de déplacement quotidien individuel en fonction de l'âge, du sexe et de la déficience	100
Figure 6.20 : Taux de déplacement quotidien individuel en fonction de l'âge, du sexe et de la déficience (a) Toutes déficiences (b) Intellectuelle (c) Motrice (d) Organique	102
Figure 6.21 : Proportion du budget temps hors domicile accordé à chaque type d'activité	103
Figure 6.22 : Heure d'arrivée au lieu d'activité en fonction de l'âge	104

Figure 6.23 : Proportion moyenne de déplacements réalisés en pointes AM et PM	104
Figure 6.24 : Distribution des durées d'activité en fonction de l'âge et du sexe	105
Figure 6.25 : Durée totale moyenne d'activité hors domicile.....	105
Figure 6.26 : Répartition des activités en fonction du motif (100%) [X : Heure d'arrivée ; Y : Durée de l'activité (h)].....	107
Figure 6.27 : Procédure de dérivation du motif principal de déplacement	108
Figure 6.28 : Analyse des résidus du modèle de génération de déplacements	112
Figure 6.29 : Définition de l'indicateur ICI par un exemple pour une tournée en minibus	114
Figure 6.30 : Distribution des individus en fonction (a) du coût total généré en véh-km (b) du log du coût total généré en véh-km	116
Figure 6.31 : Analyse des résidus du modèle de distribution des déplacements	118
Figure 6.32 : Coût individuel moyen d'un déplacement (véh-km).....	120
Figure 6.33 : Fidélité aux lieux de destination en fonction du motif principal de destination	122
Figure 6.34 : Cadre méthodologique pour mesurer la variabilité dans les déplacements (Pas, 1987 in Pendyala, 2003)	123
Figure 6.35 : Variabilité interpersonnelle et catégorielle dans les déplacements effectués	123
Figure 6.36 : Variabilité interpersonnelle - Effet de l'âge sur la consommation de déplacements	124
Figure 6.37 : Interface du logiciel Similan.....	126
Figure 6.38 : Variabilité quotidienne maximale dans la distance d'un déplacement	129
Figure 6.39 : Variabilité quotidienne maximale dans l'heure d'arrivée d'un déplacement temporellement régulier	129
Figure 6.40 : Variabilité quotidienne maximale dans l'heure d'arrivée d'un déplacement temporellement irrégulier.....	130
Figure 6.41 : Distribution des déplacements effectués en minibus en fonction du type de client et de l'âge.....	131

Figure 7.1 : Plus grands lieux d'activité et répartition des heures d'arrivée (5 au 8 novembre 2007)	133
Figure 7.2 : Positionnement du générateur de déplacement dans le traitement totalement désagrégé (Chapleau, 1999)	135
Figure 7.3 : Méthodologie d'analyse spatio-temporelle des lieux d'activité	137
Figure 7.4 : Information globale	138
Figure 7.5 : Caractérisation de la clientèle et de leurs déplacements.....	139
Figure 7.6 : Analyse spatiale.....	140
Figure 7.7 : Analyse temporelle journalière.....	141
Figure 7.8 : Analyse opérationnelle – Ressources véhiculaires consommées	143
Figure 7.9 : Lieu le plus achalandé pour chacun des motifs principaux de déplacement.....	144
Figure 7.10 : Signature distincte des plus grands lieux d'activité - Spatialité	146
Figure 7.11 : Analyse longitudinale - Profils d'occupation temporels en fonction du lieu, du jour et de l'heure	148
Figure 7.12 : Profils d'occupation temporels – Lieux typologiquement similaires.....	149
Figure 7.13 : (a) Accessibilité et (b) coût individuel moyens (km)	150
Figure 7.14 : Illustration des variables de la fonction de kernel (Bailey & Gatrell, 1995).....	152
Figure 7.15 : Impact des choix résidentiels sur les profils de mobilité et d'accessibilité (indicateurs mesurés sur l'ensemble de la période étudiée, soit 4 jours).....	155
Figure 7.16 : Spatialité des noyaux d'activité.....	156
Figure 7.17 : Espaces d'activité et variabilité quotidienne	156
Figure 7.18 : (a) Centres moyens selon le jour et le motif d'activité (b) Nombre d'activités réalisées en fonction du motif et ayant été utilisées dans le calcul du centre moyen quotidien.....	157
Figure 7.19 : Occupation du sol – 7h@8h (Densités de kernel)	158
Figure 7.20 : Occupation du sol en fonction du motif à différentes périodes	159

Figure 7.21 : Analyse spatio-temporelle des coûts de déplacement en fonction de l'heure d'arrivée à destination (véh-km) – Densités de kernel (pour l'ensemble de la période)	161
Figure 7.22 : Coût de desserte (véh-km) des espaces d'activité (pour toute la période).....	162

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ADA: *Americans with Disability Act*

AMT: Agence métropolitaine de transport

AVL: *Automatic Vehicle Location* (Localisation automatique des véhicules)

CAPVISH : Comité d'Action des Personnes Vivant des Situations de Handicap

CHSLD : Centre d'hébergement et de soins de longue durée

CLSC : Centre local de services communautaires

CRDI: Centre de réadaptation en déficience intellectuelle

CUTA: Comités des usagers du transport adapté

DAR: *Dial-a-ride* (service à la demande)

DRT : *Demand responsive transportation* (Transport à la demande)

EPLA: Enquête sur la participation et les limitations d'activité

ELQA: Enquête québécoise sur les limitations d'activité

ESLA: Enquête sur la santé et les limitations d'activité

MTQ: Ministère des Transports du Québec

OPHQ: Office des personnes handicapées du Québec

OTA: Organisme de transport adapté

RTL: Réseau de transport de Longueuil

RTUA: Regroupement des usagers du transport adapté

SIG: Système d'information géographique

STL: Société de transport de Laval

STM: Société de transport de Montréal

TA : Transport adapté

LISTE DES ANNEXES

Annexe A: Table Mouvements vs Table Clients - Validation spatiale des mouvements basés sur le domicile	179
--	-----

CHAPITRE 1: INTRODUCTION

« De nombreux programmes gouvernementaux visant une intégration concrète des personnes handicapées à la société créent un environnement en perpétuelle mutation. Dans un tel contexte, dresser un portrait fidèle de la demande est une tâche difficile qui demande un suivi constant. » (Société de transport de Montréal, 2004).

1.1 *Mise en contexte et problématique*

Se déplacer, aller d'un point à un autre peut sembler simple, mais malgré que tous aient droit à un transport raisonnable peu importent leurs degrés d'autonomie et de mobilité, ceci n'est pas acquis pour tous. À Montréal, et partout ailleurs au Québec, le système de transport adapté est un service de transport en commun de porte à porte offert en parallèle au service régulier. Le service est offert aux individus ayant une limitation sur le plan de la mobilité qui souffrent d'une déficience significative et persistante limitant l'accomplissement de leurs activités normales.

S'il est vrai que ce service réduit grandement le déficit d'accessibilité des personnes à mobilité réduite, il soumet également –paradoxalement- ses usagers à un phénomène de captivité, ceux-ci étant limités dans leurs déplacements en fonction de l'offre. Or, à l'heure actuelle, la demande pour ce service ne cesse de croître. L'accroissement de la durée de vie, le vieillissement accéléré de la population, le droit à la mobilité et à un transport raisonnables ainsi que le désir d'accessibilité accru ne représentent que quelques-unes des tendances sociétales contribuant à l'évolution, à la modification et à la complexification des comportements de déplacement de la clientèle du transport adapté. Quant aux enjeux associés, ils surpassent celui d'efficacité économique, et doivent encore être clarifiés. Il devient ainsi prioritaire que les nouveaux patrons de mobilité qui émergent soient caractérisés afin que de nouvelles solutions de transport, durables et adaptées aux besoins, puissent être pensées et développées.

Depuis plus d'une décennie, la caractérisation du transport adapté à Montréal s'inscrit dans une démarche quasi continue. En 1996, le groupe MADITUC (Chapleau, Allard et

al.) publiait un rapport intitulé *Caractérisation objective du transport adapté à la Société de transport de la Communauté urbaine de Montréal*. Suivaient ensuite les mémoires de maîtrise de Roux (2001), Sarmiento (2004) et Talaki (2006) portant respectivement sur l'exploration du transport adapté à Montréal en vue d'une planification en temps réel, sur l'utilisation des technologies informationnelles dans l'analyse du transport adapté et sur la contribution du GPS dans la caractérisation spatiotemporelle des attributs du transport adapté.

1.2 *Objet de l'étude*

L'intérêt derrière cette nouvelle analyse réside dans le souhait de connaître les us et coutumes de mobilité des usagers du transport adapté pour ensuite être en mesure de développer des outils de planification permettant de prévoir la génération des déplacements en fonction des besoins spécifiques, réellement observés, des différentes clientèles. Pour ce faire, cette démarche se base sur les comportements des usagers révélés par le biais des données opérationnelles planifiées telles que réalisées du système de transport adapté. Le défi qui en découle est ensuite autant substantiel que méthodologique (Manheim, 1979) :

«*The substantive challenge of transportation systems analysis is to intervene, delicately and deliberately, in the complex fabric of a society to use transport effectively, in coordination with other public and private actions, to achieve the goals of that society.* »

The methodological challenge of transportation systems analysis is to conduct a systematic analysis of a particular situation which is valid, practical, and relevant, and which assists in clarifying the issues to be debated. »

Au niveau substantiel, cette recherche poursuit deux objectifs principaux:

- Établir un suivi de la revue de la littérature (état-de-l'art) en ce qui a trait aux thématiques connexes à la problématique étudiée;
- S'appuyer sur l'information totalement désagrégée que constituent les données planifiées de transport adapté pour:

- caractériser la demande sous une perspective sociodémographique et une dimension spatiotemporelle;
- étudier le cycle de vie des usagers en tant que révélateur de consommation spécifique;
- cerner les rythmes de la vie quotidienne et statuer sur la variabilité comportementale associée;
- caractériser les principaux lieux d'activité.

Pour clarifier ces enjeux, une approche totalement désagrégée orientée-objet est privilégiée. En modélisation de réseaux de transport, cette approche a été développée dans les années quatre-vingt (Chapleau, Trépanier et al., 1998). Elle permet à la fois une analyse individualisée des comportements, une analyse spatiotemporelle fine et une mise en relation entre les différents objets du système, éléments essentiels à une compréhension juste des besoins et des objectifs des différents acteurs intervenant dans le système de transport adapté.

« De fait, les déplacements dépendent du système d'activité de la population, d'une complexité très supérieure à celle exprimée dans les modèles classiques agrégés de prévision de la demande. Et les expressions de cette complexité ne se limitent pas uniquement aux volumes de déplacements effectués; on les détecte aussi dans leur distribution spatiale (effets de l'étalement urbain...), dans leur distribution temporelle dans la journée (horaires variables, ouverture des commerces, ...), dans l'évolution des motifs de déplacements (chômage, « société des loisirs », ...), dans leur répartition modale (motorisation accrue, baisse de la popularité des transports collectifs, ...) et dans les caractéristiques des personnes qui se déplacent (familles monoparentales, personnes âgées, ...). » (MADITUC, 1992)

Fidèles à la culture informationnelle montréalaise, les contributions se font également à partir d'outils technologiques et logistiques tels que les systèmes d'information géographiques, les logiciels d'analyses géostatistiques ainsi que les logiciels permettant la gestion des bases de données.

1.3 Contenu et structure

L’organisation du présent document se fait essentiellement en trois temps : une revue de littérature qui explicite les particularités associées au système de transport adapté et expose les différents fondements théoriques; une présentation des données et des principales procédures méthodologiques à mettre en œuvre afin de soutenir l’analyse subséquente; une substantialisation de l’information brute initialement disponible par l’exploration, l’analyse, la synthèse et la présentation des données.

Ainsi, le chapitre 2 dresse un portrait du système de transport adapté et de ses composantes. Dans un premier temps, l’historique d’implantation de ce système est brièvement présenté. Les contextes opérationnel et législatif associés à ce système au Québec sont ensuite détaillés. Une attention particulière est portée à la caractérisation du service de transport adapté montréalais, étant donné que les données utilisées dans cette étude proviennent de cette région. La performance de ce système dépendant des interrelations entre les trois éléments que sont le territoire, le réseau et la demande, ces trois composantes sont également analysées.

Afin d’être en mesure de bien comprendre les différents fondements sur lesquels se base la caractérisation de la demande, le chapitre 3 caractérise l’évolution, les limitations ainsi que les complémentarités entre certaines des approches de modélisation en planification des transports. Une revue de la modélisation de la demande de transport adapté est également présentée. Finalement, l’approche totalement désagrégée sur laquelle s’appuie cette démarche étant intimement liée à une culture qui se veut informationnelle et technologique, les systèmes d’information géographiques transport orientés-objets (SIG-TOO) sont décrits.

Le chapitre 4 s’attarde à mettre en lumière l’importance des données dans le processus d’analyse menant à la clarification des enjeux. Pour bien comprendre leur impact sur la capacité à mesurer et à modéliser différents phénomènes de mobilité, l’état-de-l’art ainsi

que les différentes méthodes d'acquisition sont abordés. L'intérêt derrière la collecte de données passives totalement désagrégées est ensuite traité. Finalement l'ensemble de données sur lequel se basent les expérimentations analytiques est présenté.

Le chapitre 5 expose ensuite la méthodologie qui permet l'étude subséquente de la clientèle et de ses comportements de mobilité dans l'espace-temps. Celle-ci se réalise essentiellement à partir de trois procédures : validation du géocodage des extrémités de déplacement, reconstruction des chaînes de déplacements individuelles et dérivation des activités réalisées hors domicile.

Le chapitre 6 représente le cœur de l'analyse et s'attarde à caractériser la demande de transport adapté par le biais de l'analyse des données opérationnelles planifiées réalisées. Le profilage socio-économico-démographique de la clientèle versus la population montréalaise est établi. L'analyse se concentre ensuite sur la détermination des patrons de consommation spécifique en fonction du cycle de vie propre à chaque catégorie de clientèle. Afin d'établir la signature caractéristique des clientèles ainsi que les variables possédant le plus grand pouvoir explicatif, l'exercice s'appuie sur l'analyse et la modélisation catégorielles. La variabilité comportementale est ensuite brièvement abordée. Néanmoins, un ensemble de données plus étendu (les données analysées ici concernent quatre jours de déplacement) serait requis pour analyser et statuer de manière significative sur les variations dans l'organisation et la distribution de la demande. Cette discussion ouvre la porte à de nouveaux patrons d'organisation de l'offre.

Le chapitre 7 réalise une analyse dynamique et comparative totalement désagrégée des lieux d'activité. L'approche totalement désagrégée permet d'établir sous quels aspects se ressemblent et se distinguent les plus importants générateurs, en caractérisant finement chacun d'eux dans leurs dimensions sociodémographique, temporelle, spatiale et opérationnelle. Un outil de visualisation est développé permettant de caractériser de manière spécifique le profil spatiotemporel et sociodémographique de

chaque lieu d'activité. Les lieux générant le plus d'activités sont ensuite comparés afin d'établir les similarités et les différences. Finalement, les effets de voisinage sont étudiés afin de déterminer si la localisation spatiotemporelle des domiciles et des destinations a un impact sur l'accessibilité et la mobilité des usagers ainsi que sur les coûts de transport engendrés.

En dernier lieu, le chapitre 8 conclut sur les résultats de la démarche et propose des pistes de réflexion future concernant la thématique.

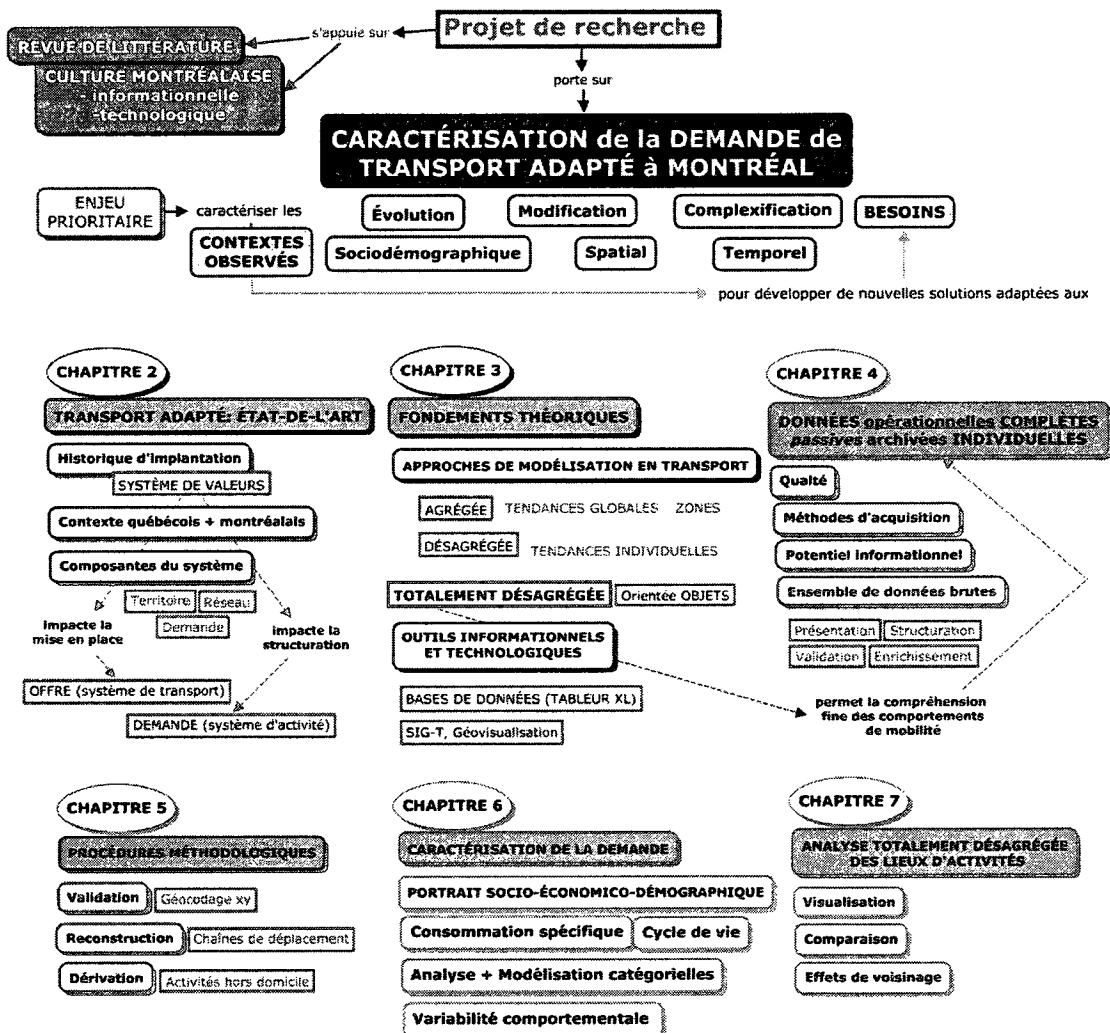


Figure 1.1 : Structure du mémoire et concepts abordés

CHAPITRE 2: SYSTÈME DE TRANSPORT ADAPTÉ – PORTRAIT ET COMPOSANTES

« Qu'est-ce qui est complexe dans [un] système ? C'est que le tout est davantage que la somme des parties.» (Morin, 2007).

2.1 *Qu'est donc le transport adapté?*

Étant donné les différents modes d'opération, objectifs et lois encadrant le transport adapté, il ne semble pas exister de consensus sur un terme unique définissant ce concept. La littérature anglophone réfère le plus souvent au transport adapté sous les appellations *Demand Responsive Transportation* (DRT) et *Paratransit*. Or, le terme DRT n'est pas exclusif aux usagers d'un transport autorisé et fourni sur la base d'un handicap. Quant au terme *Paratransit*, il a deux sens très distincts. Le premier provient du rapport *Para-transit : Neglected Options for Urban Mobility* de R. Kirby et al. publié en 1974 et réfère à toutes les formes de transport flexible ou de transport à la demande qui ne suivent pas de routes ni d'horaires fixes (taxi collectif, porte à porte, covoiturage, transport spécialisé de personnes souffrant d'un handicap, etc.). Dans les années quatre-vingt, surtout en Amérique du Nord, le terme *Paratransit* est devenu de plus en plus associé à un mode de transport flexible spécifique, soit le transport spécialisé de personnes souffrant d'un handicap (s.a., 2007).

2.2 *Impact du système de valeurs*

Cette association du terme *Paratransit* au transport spécialisé de personnes souffrant d'un handicap n'est pas étrangère à l'adoption, à partir des années quatre-vingt, de différentes législations favorisant une plus grande intégration sociétale des personnes souffrant d'une déficience. Effectivement, la barrière à l'accessibilité est devenue un enjeu d'intérêt public dans de nombreux pays en raison de la reconnaissance du droit à faire partie et à participer intégralement aux activités d'une société (Transportation Research Board, 1995; Gillingwater & Tyler, 2001).

Il existe d'ailleurs toujours une interrelation fondamentale entre le système de valeurs d'une communauté, la mise en place d'un système de transport et la structuration d'un système d'activité. Le système de transport adapté n'y échappe pas; il est certain que le désir d'équité envers les personnes handicapées a contribué à la rapide croissance de ce service (Lave & Mathias, 2000) qui lui, par sa mise en place, a permis aux usagers de développer un système d'activité plus étendu. En ce sens, le rôle des transports spécialisés est crucial afin de fournir une mobilité et une accessibilité acceptables à ce groupe de citoyens qui n'a pas l'habileté mentale ou physique requise pour utiliser d'autres modes de transport (Vaziri, Hutchinson et al., 1990).

2.3 *Portrait du transport adapté au Québec*

2.3.1 *Contextes opérationnel et législatif*

Au Québec, le transport adapté est un service de transport en commun de porte à porte offert en parallèle au service régulier. Le type de service offert diffère d'un service de transport en commun régulier en ce sens qu'il n'y a pas d'horaire planifié à long terme ni d'itinéraire prédefini: le réseau de transport adapté correspond au réseau routier et la personne peut requérir d'être transportée d'une localisation spécifique à une autre (flux multidirectionnel) à un moment précis en autant que ce soit durant les heures de service. Ceci fait de l'optimisation des tournées l'une des problématiques principales associées à ce type de transport.

Au Québec, la *Loi assurant l'exercice des droits des personnes handicapées* (L.R.Q., chap. E-20.1) a été adoptée en 1978 reconnaissant la responsabilité des organismes publics de transport du Québec à assurer le transport en commun des personnes handicapées sur leur territoire respectif (article 67). Le service de transport adapté n'est ainsi plus perçu ni défini comme un privilège, mais bien comme un droit: un droit à une mobilité et à un transport raisonnables. Cet accès à un moyen de transport urbain, public et collectif impacte du même coup sur l'intégration à la société et sur la qualité de vie de cette clientèle en lui conférant la capacité de se déplacer. Par le fait-même,

l'instauration du service de transport adapté permet un grand pas dans la lutte à la réduction du déficit d'accessibilité des personnes à mobilité réduite.

Ce service est offert aux personnes à mobilité réduite qui souscrivent aux deux critères énoncés dans la Politique d'admissibilité au transport adapté (version révisée, 1998) :

- être une personne handicapée, c'est-à-dire avoir une déficience significative et persistante et être limitée dans l'accomplissement des activités normales;
- avoir sur le plan de la mobilité des limitations justifiant l'utilisation d'un service de transport adapté. Les incapacités considérées sont présentées à la Figure 2.1.

Incapacité de: <ul style="list-style-type: none"> • marcher 400 mètres • monter ou descendre une marche de 35 cm de hauteur • effectuer l'ensemble d'un déplacement en transport en commun 	Incapacité de: <ul style="list-style-type: none"> • s'orienter dans le temps ou dans l'espace • maîtriser des situations ou des comportements pouvant être préjudiciables à sa propre sécurité ou à celle des autres • communiquer de façon verbale ou gestuelle*
--	---

Figure 2.1: Incapacités considérées limitatives (Politique d'admissibilité du transport adapté)

Si admis, l'individu se voit accorder une admission générale (aucune restriction), provisoire (restreinte temporellement), saisonnière (hivernale) ou partielle (pour certains déplacements uniquement). Le comité statue également sur le type d'accompagnement autorisé lors d'un déplacement.

En 2007, au Québec, 6 439 024 déplacements en transport adapté ont été effectués par plus de 76000 usagers à travers 913 municipalités (Transports Québec, 2007). En mai 2008, dans une perspective d'équité, une stratégie nationale pour l'intégration et le maintien en emploi des personnes handicapées a aussi été adoptée.

« L'accès à l'emploi et à la formation en milieu de travail permettra aux personnes handicapées d'assurer leur autonomie financière, ce qui contribuera à lutter plus efficacement contre la pauvreté de ce groupe de personnes» (Office des personnes handicapées du Québec, 2008).

Actuellement, uniquement 34,8% de ces personnes occupent un emploi, soit deux fois moins d'individus que dans la population sans incapacité.

2.3.2 Intervenants du transport adapté

Le transport adapté étant un service local, il relève uniquement du niveau provincial et municipal. Au niveau provincial, c'est le MTQ qui « a pour mission d'assurer, sur tout le territoire québécois, la mobilité des personnes par des systèmes de transport efficaces et sécuritaires.» (<http://www.mtq.gouv.qc.ca/fr/modes/personnes/adapte/index.asp>) Par l'entremise de son *Programme d'aide gouvernementale au transport adapté aux personnes handicapées*, le MTQ est le principal subventionnaire du transport adapté. Les municipalités et les usagers contribuent également au financement.

Tableau 2.1: Contribution des différentes instances (en milliers de dollars) au transport adapté (Transports Québec, 2007)

Partenaires	2003	2004	2005	2006	2007
Usagers	7 742	8 408	9319	10 391	11 244
Ministère des Transports	51 418	55 583	60 581	66 123	70 120
Municipalités	16 723	17 166	21 576	24 160	25 607
Autres services de transport	1 737	2 065	2295	3 150	3 629
Autres	718	944	647	664	682

Quant à l'OPHQ, sa mission est :

« *de veiller au respect des principes et des règles énoncés dans la Loi assurant l'exercice des droits des personnes handicapées en vue de leur intégration scolaire, professionnelle et sociale et de s'assurer que les ministères et leurs réseaux, les municipalités et les organismes publics et privés poursuivent leurs efforts afin d'améliorer les possibilités offertes aux personnes handicapées de s'intégrer et de participer ainsi pleinement à la vie en société*» (*Office des personnes handicapées du Québec, 2006*).

Plusieurs organismes à but non lucratif (RUTA, CUTA, CAPVISH et autres) défendent et promeuvent également les droits et les intérêts des personnes handicapées à travers le Québec.

2.4 Portrait du transport adapté à Montréal

En ce qui a trait à la grande région de Montréal, elle est desservie par douze organismes de transport adapté (OTA) offrant chacun un service distinct autant en ce qui a trait aux heures de service, au service à la clientèle, aux types de véhicules utilisés qu'aux déplacements permis.

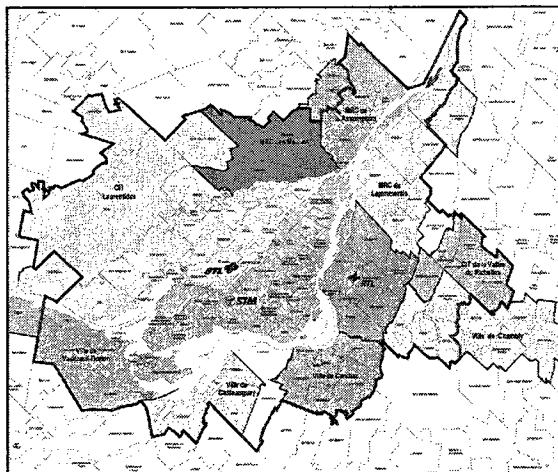


Figure 2.2 : Organismes de transport adapté de la grande région de Montréal

En 2007, plus de 2 millions de déplacements ont été effectués. De ce nombre, plus de 40500 déplacements métropolitains ont été effectués par les OTA participant au programme d'intégration des services de transport adapté. Ce programme, instauré en 1998 par l'AMT, permet aux usagers de se déplacer hors des territoires desservis par la STM, la STL et le RTL.

2.4.1 Historique

Le transport adapté à Montréal a d'abord été l'initiative de deux frères se déplaçant eux-mêmes en fauteuil roulant, Jacques et Jean-Marc Forest. Convaincus qu'un service de transport adapté était « la clé de la liberté et de l'indépendance » (<http://www.colloquetransportadapte.com/gillescoutu2002.html>) pour les personnes handicapées, ils ont fondé Minibus Forest en 1972 (Société de transport de Montréal, 2005). À partir de 1980, suite à l'adoption en 1978 de la *Loi assurant l'exercice des droits des personnes handicapées*, la CTCUM devenait l'organisme mandataire du

transport adapté sur l'île de Montréal. En 2008, les usagers du transport adapté habitant l'île de Montréal (ville de Montréal et quinze municipalités reconstituées), sont toujours desservis par la STM.

2.4.2 Accessibilité spatiale et temporelle

Les usagers du transport adapté de la STM peuvent effectuer des déplacements locaux (île de Montréal) ou métropolitains (villes de Laval et Longueuil ainsi que vers les couronnes nord et sud) selon les critères présentés au Tableau 2.2. Le délai minimal entre l'heure d'arrivée souhaitée et le retour est d'une heure.

Tableau 2.2: Critères de service en 2007 (Boutin & Vignola, 2009)

Semaines d'opération/an:	52	Tarif au passage
Heures de service/sem.:	125	minimum: 1,75 \$
Délai de réservation (h):	48	maximum: 2,75 \$
Horaire		Abonnement mensuel
en semaine:	06:30 à 00:30	minimum: 35,00 \$
samedi:	08:00 à 01:30	maximum: 65,00 \$
dimanche:	08:00 à 00:30	
Temps moyen d'un déplacement: 26 minutes		

2.4.3 Gestion des déplacements

La STM distingue quatre types de déplacements : régulier, occasionnel, par anticipation ou de groupe.

Tableau 2.3: Types de déplacements

Déplacement	Définition	Période de réservation
Régulier	Déplacement hebdomadaire, répétitif, à heures et à lieux fixes pendant un minimum de quatre semaines.	Dès que le besoin est connu
Occasionnel	Déplacement ponctuel un jour précis	Maximum de 3 jours avant le déplacement
Par anticipation	Déplacement pour certains besoins ponctuels spécifiques (rendez-vous médical, une entrevue, un spectacle, etc.)	Maximum de 7 jours avant le déplacement
De groupe	Déplacement pour une sortie ponctuelle – minimum de cinq usagers	Minimum de 10 jours à l'avance

Selon l'action désirée, la demande pour un déplacement se fait soit par l'entremise d'un agent du centre de réservation, soit à l'aide des services automatisés. Pour gérer les admissions et les réservations, confectionner et optimiser les tournées et les horaires ainsi que réaliser le suivi des opérations en cours, la STM utilise le logiciel *GIRO/ACCES*. Ce logiciel «est conçu pour répondre aux exigences des opérations d'envergure [...] d'un centre de réservation centralisé [...] faisant appel à de multiples fournisseurs pour assurer le service de transport» (GIRO, 2007). Depuis 2003, un nouveau système de réservation automatisé, ACCES V, a été mis à la disposition des usagers du transport adapté de la STM. Ce logiciel vise à optimiser le processus de fabrication des routes et des horaires afin d'utiliser le plus efficacement les véhicules tout en répondant aux besoins de transport et aux caractéristiques de la clientèle. ACCES possède des règles très strictes en ce qui concerne la durée et la distance maximales acceptables en fonction du type de déplacement (court, moyen, long).

Lors d'un déplacement, la STM s'engage à ce que le véhicule soit présent à l'origine du déplacement dans les trente minutes suivant l'heure confirmée. Ce n'est qu'après ce délai que l'usager peut signaler un retard. La STM permet l'annulation d'un déplacement tant que le véhicule n'est pas arrivé. Par contre, les usagers qui abusent de la politique d'annulation ou qui sont trop souvent absents peuvent être sanctionnés et se voir imposer des mesures restrictives quant à leurs déplacements. Pour la majorité des systèmes de transport adapté, les annulations représentent des coûts énormes et affectent l'efficacité du service (Mathias, 2005). Entre autres, les annulations tardives augmentent le temps moyen de déplacement des autres usagers.

2.4.4 Flotte

En 2007, la STM disposait d'une flotte de 86 minibus de transport adapté (Boutin & Vignola, 2009). La STM fait également appel aux compagnies de taxis pour desservir sa clientèle. Le choix du type de véhicule est fait par la STM. Il dépend de la disponibilité des véhicules et de l'optimisation des tournées. Certains clients, dits non

transférables, sont également dans l'impossibilité d'utiliser le taxi régulier en raison de la nature de leur handicap.

Tableau 2.4: Kilométrage parcouru par la flotte de la STM (Société de transport de Montréal, 2007)

Bus		2006	2007
Kilomètres parcourus (réel)		69 776 396	70 013 558
Bus		2 775 922	2 673 956

Le minibus conventionnel engendrant un coût horaire similaire quel que soit le nombre de passagers transportés, il est habituellement plus rentable durant les périodes de pointe et lorsque des groupes sont transportés. Quant au taxi, étant payé en fonction de la distance parcourue (payé au taximètre), il répond généralement mieux à la demande ponctuelle hors pointe et de faible volume (Transportation Research Board, 1995).

Comme l'illustre le Tableau 2.5, la part du taxi (régulier et accessible) est en hausse par rapport à celle du minibus.

Tableau 2.5: Déplacements en minibus et en taxis – Transport adapté (Société de transport de Montréal, 2007, 2009)

Déplacements	2006	2007	Variation	Variation %	
				(en milliers)	2000-2009
Minibus	403 412	393 702	-2,4 %		
Taxi accessible	215 267	301 767	40,2 %		
Taxi	1 321 924	1 389 440	5,1 %		
TOTAL	1 940 603	2 084 909	7,4 %	Total	105,9 %

Plusieurs facteurs expliquent cette tendance, entre autres une meilleure adéquation entre les caractéristiques du taxi et les besoins d'une clientèle se déplaçant sur demande. De plus, un déplacement en taxi engendre des coûts d'exploitation moins élevés.

Tableau 2.6 : Coût par passager selon le mode en 2007 (Boutin & Vignola, 2009)

	Province du Québec	Montréal
Minibus	17.83\$	32.82\$
Taxi	15.24\$	17.63\$
Global	16.41\$	20.48\$

2.4.5 Taux de refus et satisfaction de la clientèle

Malgré le fort accroissement de la demande en TA, le centre d'appel a su s'adapter et même améliorer ses temps d'attente. Ainsi, la satisfaction de la clientèle a atteint 85% en 2007 alors qu'elle n'était que de 66% en 2004. En décembre 2007, le bulletin *Transport Contact*, bulletin de liaison et d'information des usagers du transport adapté de la STM, confirmait que l'objectif Zéro Refus avait été atteint pour l'ensemble des déplacements, à l'exception des demandes de déplacements occasionnels faites le jour-même et des demandes de déplacements métropolitains. Dans le cas des déplacements métropolitains, leur acceptation est conditionnelle au respect du budget alloué.

2.4.6 Clientèle, déplacements et achalandage

En 2007, la clientèle admise ainsi que les déplacements se répartissaient tels qu'illustrés au Tableau 2.7.

Tableau 2.7 : (a) Clientèle admise et (b) déplacements en 2007 (Boutin & Vignola, 2009)

	0 à 5	6 à 21	22 à 65	> 65	total	
Fauteuil roulant:	12	97	1443	1578	3130	18.3%
Ambulatoire:	5	90	2786	6110	8991	52.6%
Intellectuelle:	10	466	1769	89	2334	13.7%
Psychique:	1	270	356	861	1488	8.7%
Visuelle:	1	11	274	725	1011	5.9%
Autres:	0	2	86	49	137	0.8%
Total:	29	936	6714	9412	17091	
Admis en 2007:	6	201	853	2406	3466	

(a)

Service régulier	minibus	taxi	taxi adapté	total
Fauteuil roulant:	217 862	0	179 136	396 998
Ambulatoire:	141 895	1 306 488	87 923	1 536 306
Accompagnateur:	33 945	82 952	34 708	151 605
Total:	393 702	1 389 440	301 767	2 084 909
Régulier:	249 190	858 569	116 337	1 224 096
Occasionnel:	144 512	530 871	185 430	860 813
Total:	393 702	1 389 440	301 767	2 084 909

(b)

Dans son budget 2009, la STM annonçait également que le nombre de déplacements en transport adapté avait doublé de 2000 à 2009, passant de 1.3 millions à 2.6 millions.

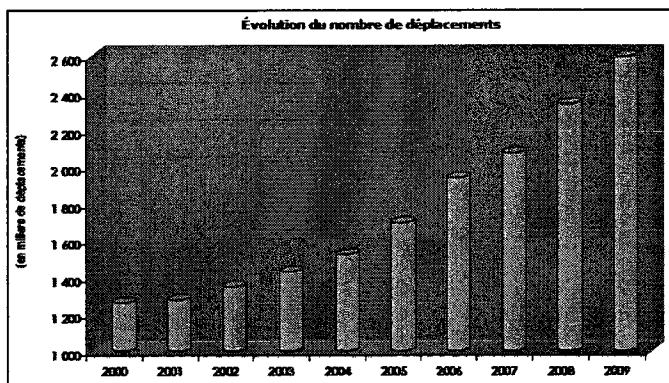


Figure 2.3 : Évolution du nombre de déplacements en TA à la STM (Société de transport de Montréal, 2009)

2.4.7 Coûts d'exploitation et financement

Les différents indicateurs de performance pour l'année 2007 sont présentés ci-dessous.

Tableau 2.8 : Indicateurs de performance - Transport adapté STM (Boutin & Vignola, 2009)

Passagers par véhicules-heure:	2,42
Passagers par voyage de taxi:	3,11
Km par passager minibus:	6,79
Km par véhicules-heure:	16,47
% de la population admise:	0,91%
Déplacements par personne admise:	113,12

Afin de répondre à la croissance de la demande en TA, le budget 2009 de la STM prévoit que les dépenses consacrées au transport adapté augmenteront de 4.1 millions de dollars. En contrepartie, la subvention du gouvernement du Québec pour le transport adapté sera augmentée de 2.6 millions de dollars par rapport au budget 2008 afin de maintenir la subvention à 70% des dépenses. Il faut savoir que les revenus-clients provenant du transport adapté ne représentent que 0.3% de la totalité des revenus de la STM, alors que les dépenses d'exploitation, elles, s'élèveront à 5.2% en 2009 (Société

de transport de Montréal, 2009). Comparativement au service régulier, déplacer un individu en transport adapté est donc très coûteux. Néanmoins, entre 2000 et 2009, la STM devrait réussir à réduire de 18% les coûts d'un déplacement (en dollars constants).

Tableau 2.9 : Dépenses liées au transport adapté par déplacement (Société de transport de Montréal, 2009)

(en dollars)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Budget 2000-2009	Variation %
\$ courants	21,00	20,62	21,41	21,77	21,08	21,95	21,05	20,70	20,57	20,60	-1,9 %	
\$ constants	21,00	20,14	20,49	20,35	19,33	19,69	18,55	17,96	17,52	17,17	-18,2 %	

2.5 Composantes du système de transport adapté

En transport public urbain collectif, un système est constitué essentiellement de trois composantes : le territoire, le réseau et la demande (Chapleau, 1992). La performance de ce système dépend des interrelations entre ces trois éléments qui elles dépendent des actions prises par les individus concernés (Morin, 1977).

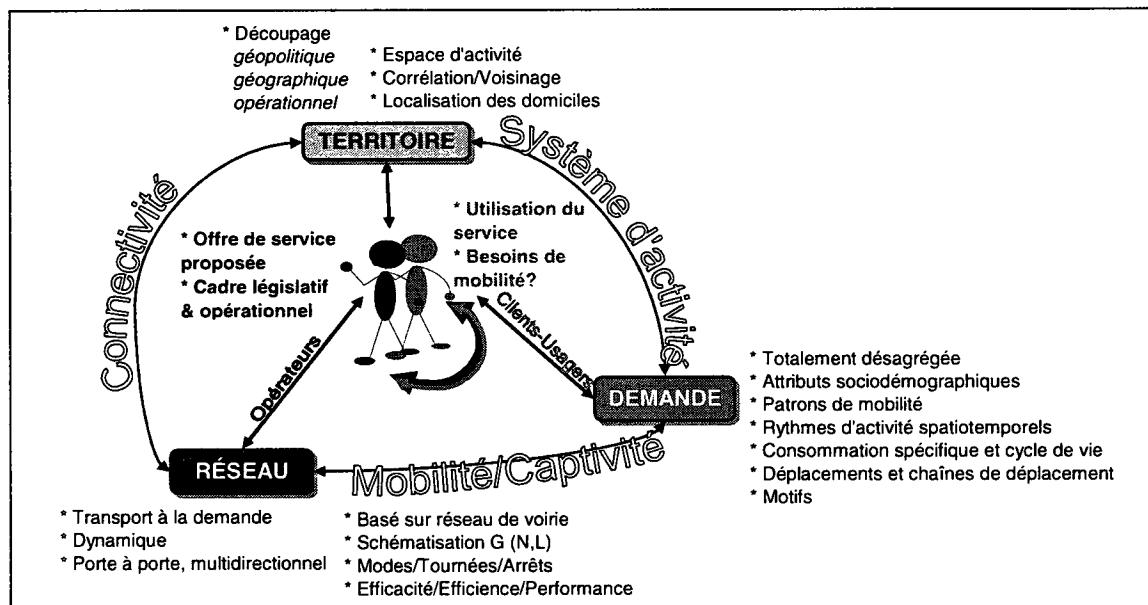


Figure 2.4 : Composantes du système de transport adapté et interrelations entre les éléments

2.5.1 Territoire

Tout déplacement et tout mode de transport s'inscrivent spatialement au sein d'un territoire. Au sein de cette zone de service, sont définis des sous-territoires dont les

frontières peuvent être géopolitiques (municipalités, arrondissements), géographiques (aires de diffusion, secteurs de recensement), opérationnelles (en transport adapté : zones de taxis).

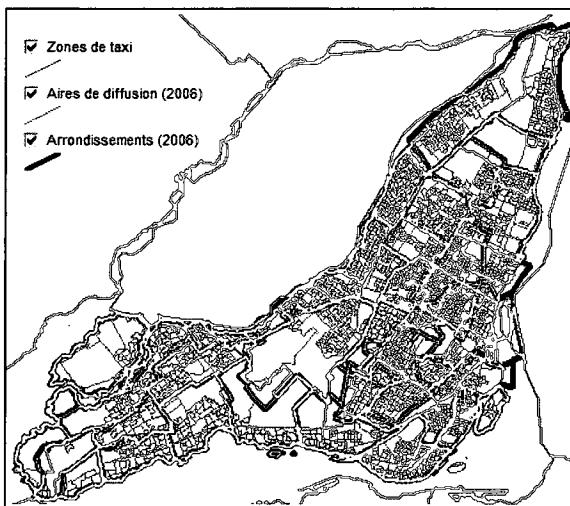


Figure 2.5 : Frontières des différents sous-territoires

La connaissance de ces frontières est cruciale, particulièrement dans le cas d'un service de porte à porte tel que le système de transport adapté montréalais, puisque celles-ci influenceront l'organisation et les modalités du service : type de déplacement – local ou hors territoire, tarif, véhicule utilisé, jours de déplacement permis, délai de réservation, etc. La structuration du territoire desservi engendre également des effets de convergence et de divergence respectivement vers et en partance de pôles majeurs d'activité tels que le centre-ville ou un hôpital. En effet, bien que le service de transport adapté montréalais permette de se déplacer de tout point vers tout autre (flux multidirectionnel sans restriction), l'espace est différencié et les demandes y sont sensibles (Castex, 2007). La Figure 2.6 schématise les lignes de désir en fonction du motif de déplacement pour la pointe AM (8h-9h30) du mardi 6 novembre 2007. Les plus grands générateurs pour chaque motif sont représentés par un point noir. Idéalement, cette variabilité dans le pouvoir attractif d'un même espace en fonction du moment et du type d'activité devrait être prise en compte lors de l'optimisation spatiotemporelle des déplacements.

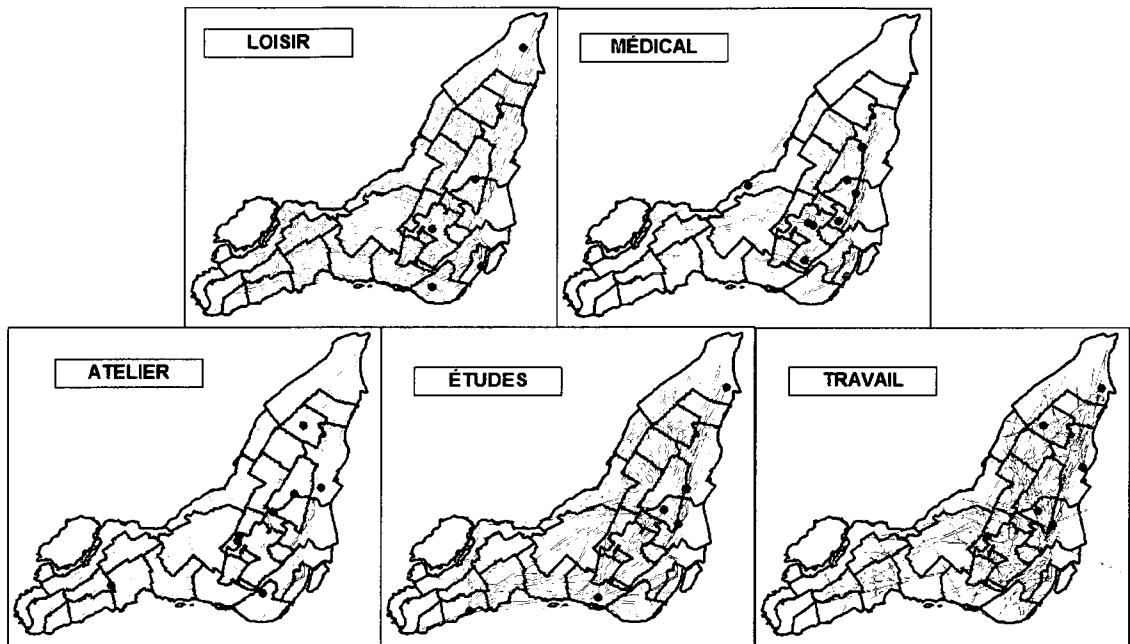


Figure 2.6 : Lignes de désir en fonction du motif de déplacement – Pointe AM du mardi 6 novembre

2.5.2 Réseau

La topologie d'un réseau se schématisé en nœuds (N) et en liens (L) orientés (arcs) ou non (arêtes) selon la théorie des graphes dont la fonction mathématique est la suivante $G(N, L)$. Pour chaque objet N et L appartenant à cette codification filamentaire du réseau, les propriétés géographiques et géométriques ainsi que les attributs descriptifs doivent être précisés (Kwan & Lee, 2003) afin de permettre tout type d'analyses sur le réseau : spatiotemporelle, flots, coûts, performance, etc. Le réseau digitalisé et codifié devient ainsi une plate-forme informationnelle qui, lorsque combinée avec l'utilisation de systèmes d'information géographiques et d'outils d'analyse géostatistique, devient un informateur très performant.

Le réseau de transport adapté montréalais s'appuie sur les infrastructures du réseau de voirie. Contrairement à un réseau de transport public collectif standard, tel qu'un réseau d'autobus, de trains ou de métros, le réseau de transport adapté montréalais n'est pas spatialement (concept de ligne-tracé-sens-arrêts) ni temporellement (concept d'horaire)

statique mais bien dynamique, en ce sens que les parcours et les horaires des véhicules sont quotidiennement recalculés en fonction de la demande (concept de tournée). Certaines tournées peuvent avoir un caractère plus régulier et s'apparenter à une ligne fixe. Par contre, de nouveaux usagers ou des usagers réalisant des déplacements occasionnels pourraient toujours être greffés à une tournée régulière.

La nature particulière du réseau de transport adapté ne modifie pas pour autant les préoccupations concernant la productivité (allocation optimale des ressources) et la capacité du réseau (accessibilité pour la clientèle et charge). Ainsi, les principaux indicateurs de performance RÉSEAU (véhicules-kilomètres, véhicules-heures, flotte minimale, capacité résiduelle véhiculaire) bien que ne pouvant pas être estimés à partir de la structure du réseau puisqu'aucune géométrie fixe n'existe, peuvent être estimés en fonction de l'offre réalisée dans le passé, de l'anticipation de la croissance de la demande et du budget disponible. Cette propriété est une conséquence directe d'un service de transport à la demande.

2.5.3 Demande

Quant à la demande de transport, elle varie autant en fonction de l'espace-temps (périodes de pointe et hors pointe, localisation des grands générateurs), que des motifs sous-jacents, des caractéristiques des modes ou des attributs individuels. Cette particularité la rend davantage difficile à analyser et à prédire (Ortúzar & Willumsen, 2001). Bien qu'il n'existe pas de lois déterministes, les comportements de déplacement suivent des patrons et logiques permettant de dériver certaines lois tendancielles. Les usagers du transport adapté ne dérogent pas à cette règle. La caractérisation et la modélisation de la demande font l'objet du chapitre 6.

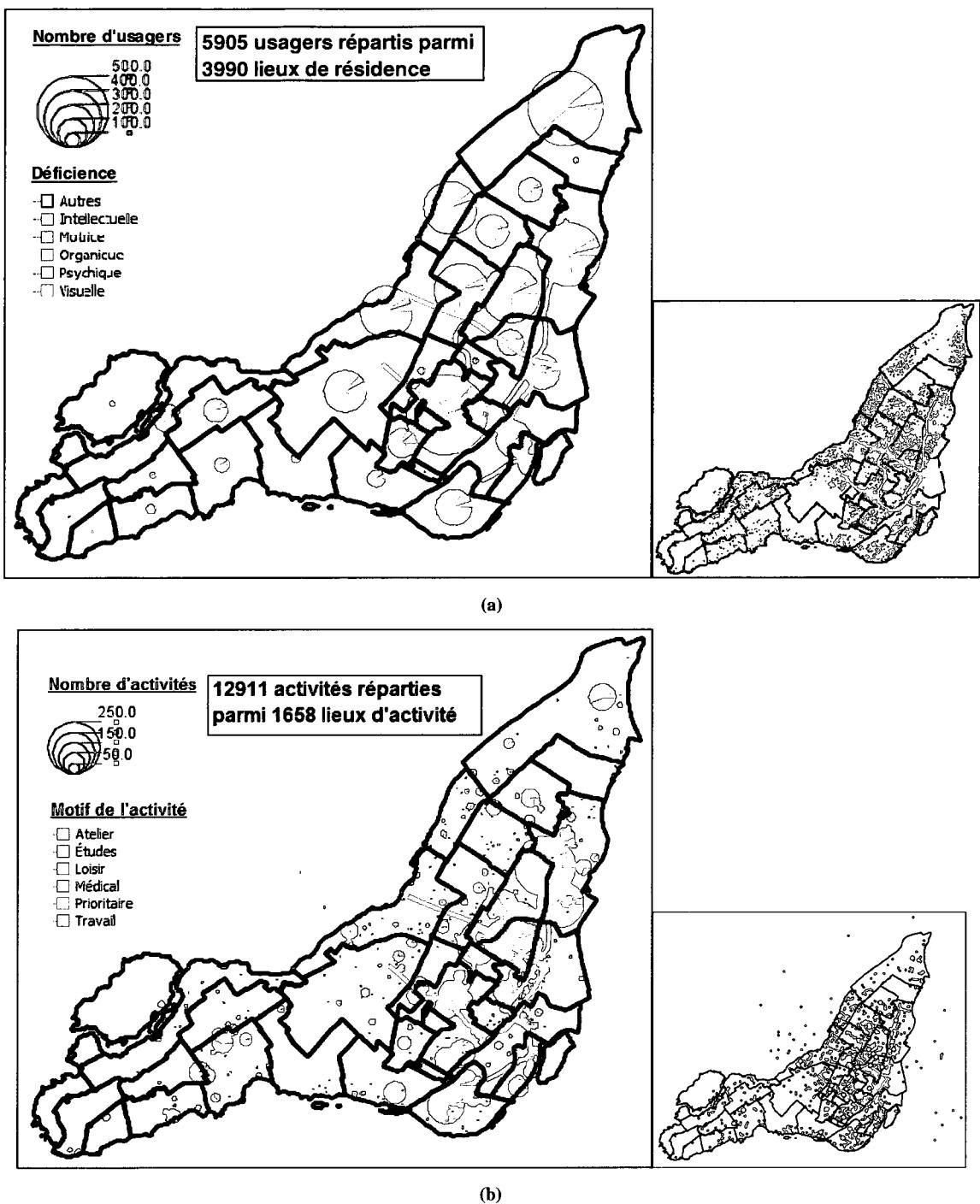
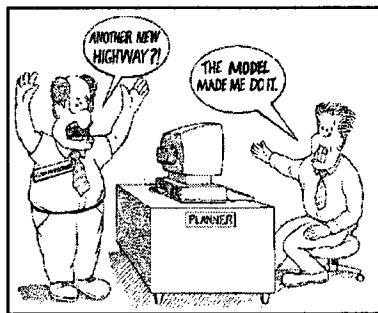


Figure 2.7 : Répartition (a) des domiciles et (b) des activités durant la période à l'étude

CHAPITRE 3: POSITIONNEMENT ET FONDEMENTS



(Beimborn, 1995)

Ce chapitre vise à définir les différentes approches de modélisation en planification des transports afin d'être en mesure de bien comprendre les différents fondements sur lesquels se base la caractérisation de la demande. Une revue de la modélisation de la demande de transport adapté est ensuite présentée. En dernier lieu, le rôle des systèmes d'information géographiques transport orientés-objets (SIG-TOO) est également décrit afin d'illustrer l'apport de cet outil au sein d'une approche qui se veut totalement désagrégée et informationnelle.

3.1 *Approches de modélisation*

À travers les siècles, la modélisation -quelle soit physique ou abstraite- s'est taillée une place de choix dans la majorité des processus de décision. La capacité de cette méthode à représenter de manière simplifiée une partie du réel -soit le système d'intérêt- en se concentrant sur les éléments considérés importants selon le point de vue particulier de l'analyse en cours (Ortúzar & Willumsen, 2001) lui confère un pouvoir unique. Cette technique artificielle permet effectivement la compréhension de phénomènes qui autrement seraient trop complexes.

Les modèles stochastiques permettent de modéliser les phénomènes ayant une composante régulière et une composante aléatoire. La modélisation d'un système de transport, qui sous-tend l'existence d'un système d'activité, fait partie de cette dernière

catégorie de modèles tout comme l'ensemble des modèles comportementaux. Ainsi, s'il n'existe pas de lois déterministes pour représenter les actions humaines, il existe des patrons tendanciels et des logiques permettant de quantifier statistiquement la régularité et la variabilité comportementale.

En planification des transports, le processus de modélisation de la demande est central, puisque c'est par l'entremise des modèles schématisés que les planificateurs tentent de répondre aux questionnements concernant les tendances de déplacements futurs. Une grande rigueur doit guider ce processus, puisque tel que le mentionne Beimborn (1995) : *«Future transportation plans are based on what the models say will happen rather than on what individual people may think will happen».*

3.1.1 Approche agrégée ou procédure séquentielle classique

Les premiers modèles de transport urbain sont apparus dans les années soixante (Chapleau, 1992) suite à la préoccupation grandissante engendrée par le développement des réseaux routiers et la nécessité d'en évaluer le niveau d'utilisation (Domencich & McFadden, 1975; Meyer & Miller, 1984). Ces premiers modèles, dits agrégés, reposent sur une procédure séquentielle à quatre étapes basée sur un système de zones pour lesquelles chaque attribut considéré consiste en une valeur moyenne des entités individuelles appartenant à la zone. Spatialement, cette valeur moyenne est géo-référencée en un point unique propre à chaque zone : le centroïde. À partir des attributs propres à chaque zone, la procédure définit séquentiellement en quatre étapes :

- [1] le nombre de déplacements (génération);
- [2] les origines et les destinations (distribution);
- [3] les modes utilisés (répartition modale);
- [4] les chemins empruntés (affectation).

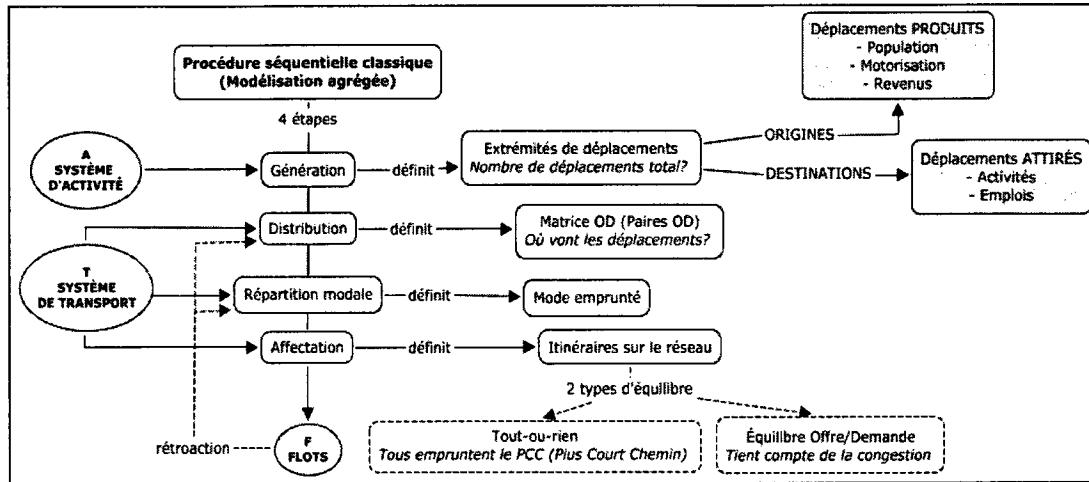


Figure 3.1 : Procédure séquentielle classique en quatre étapes

3.1.1.1 Description des quatre étapes

1-Génération

Cette étape établit deux modèles prédictifs distincts déterminant respectivement le nombre de déplacements produits (O_i) et attirés (D_j) par chaque zone z en fonction du motif de déplacement. Le résultat de cette étape est la définition des marges de la matrice origine-destination où la contrainte $\sum_{i=1}^z O_i = \sum_{j=1}^z D_j = T$ doit être respectée.

Origins	Destinations						$\sum_i T_i$
	1	2	3	...j	...z		
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	... T_{1j}	... T_{1z}		O_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	... T_{2j}	... T_{2z}		O_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	... T_{3j}	... T_{3z}		O_3
...	T_{i1}	T_{i2}	T_{i3}	... T_{ij}	... T_{iz}		O_i
z	T_{z1}	T_{z2}	T_{z3}	... T_{zj}	... T_{zz}		O_z
$\sum_i T_i$	D_1	D_2	D_3	... D_j	... D_z	$\sum_j D_j = T$	

Figure 3.2 : Matrice Origines-Destinations (Ortúzar & Willumsen, 2001)

Le principal modèle de génération demeure la régression linéaire multiple où le nombre de déplacements Y_i est fonction de variables influençant significativement la mobilité:

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_K X_K + \xi$$

où α = constante,
 $\mathbf{X} = k \times 1$ vecteur de variables explicatives,
 β = vecteur de coefficients à estimer,
 ξ = terme d'erreur.

Le modèle de production se base traditionnellement sur les attributs socioéconomiques (population, motorisation, revenus) des ménages résidant dans la zone alors que le modèle d'attraction est typiquement basé sur le niveau d'emplois. Certains modèles ont aussi recours à la classification croisée où les entités individuelles sont regroupées en classes homogènes (par exemple d'âge, de sexe, de revenus, possession automobile) et des taux moyens de génération de déplacements sont ensuite estimés pour chacune des classes. Douglas et Lewis (1970) fournissent une information détaillée concernant les différentes techniques de modélisation propres à l'étape de génération.

2-Distribution

À partir du résultat de l'étape de génération, la deuxième étape permet de prendre en compte la spatialisation des déplacements et de recréer les paires Origine-Destination entre les différentes zones. Le résultat de cette étape est l'obtention d'une matrice OD des déplacements. Chaque cellule de la matrice correspond au nombre de déplacements (T_{ij}) provenant d'une zone i et se destinant dans la zone j . La diagonale principale représente les déplacements intra-zonaux (voir Figure 3.2). Le modèle le plus répandu est le modèle gravitaire dont la forme est similaire à la loi de gravité de Newton et qui permet de prendre en compte l'interaction entre deux zones par l'entremise d'une

$$\text{fonction de coût : } T_{ij} = K \frac{O_i D_j}{C_{ij}^2} \Leftrightarrow F = g \frac{M_1 M_2}{D^2}$$

Le modèle s'écrit aussi plus généralement sous la forme $T_{ij} = A_i B_j O_i D_j f(c_{ij})$.

Tableau 3.1 : Définition des paramètres du modèle de distribution gravitaire

T_{ij} : Nb déplacements de i vers j	O_i : Nb déplacements originant de zone i	M_1, M_2 : masse du corps
A_i : Facteur d'équilibre (Production)	D_j : nombre de déplacements se destinant à la zone j	D : Distance séparant les deux corps
B_j : Facteur d'équilibre (Attraction)	$f(c_{ij})$: fonction du coût entre i et j	K : Constante de proportionnalité

Pour plus de détails concernant cette étape, Wilson (1970) fait état des principaux progrès théoriques et empiriques concernant les modèles de distribution ainsi que des problèmes les plus importants qui y sont associés.

3- Répartition modale

Cette troisième étape modélise le choix modal, c'est-à-dire quels modes seront empruntés pour effectuer les déplacements et dans quelles proportions. Cette étape s'effectue en comparant l'utilité (temps de déplacement, coût du déplacement, autre variable) de chaque mode pour un individu. Une fois les utilités connues, les déplacements sont répartis parmi les différents modes en fonction de leur attractivité respective. Le choix modal étant un choix discret, le modèle le plus courant est le modèle *Logit* sous l'hypothèse d'indépendance entre les différentes alternatives. La probabilité que l'usager choisisse le mode $m=1$ parmi n alternatives est donnée

par : $P(m=1) = \frac{e^{U_1}}{\sum_{i=1}^n e^{U_i}}$ où U_i est la fonction d'utilité. La fonction continue de

probabilité $P(m)$ est ensuite discrétisée de manière à prendre respectivement la valeur 1 ou 0 selon que le mode obtienne ou non la plus grande probabilité pour le déplacement estimé.

4- Affectation

La dernière étape détermine la trajectoire empruntée par chaque déplacement. Cette étape nécessite une codification préalable des réseaux de transport minimalement sous forme simplifiée de nœuds et de liens. L'assignation la plus simple consiste à affecter l'ensemble des déplacements selon le plus court chemin (affectation tout-ou-rien). Pour tenir compte de la congestion sur le réseau, une affectation à l'équilibre peut aussi être effectuée qui tient compte ou non de la capacité des réseaux. Ceci permet de redistribuer les flots de manière à ce que les coûts de tous les chemins soient identiques.

Ce type d'affectation nécessite un processus itératif, mais il est plus représentatif de la réalité.

3.1.1.2 Critique

La procédure séquentielle classique est encore aujourd'hui très répandue dans la planification des transports (Weiner & Riklin, 2005) malgré les avancées dans le domaine des technologies informationnelles qui permettent aujourd'hui de générer des modèles beaucoup plus représentatifs des comportements de déplacement observés. Plusieurs auteurs dont Atkins (1986), Beimborn (1995), Domencich et McFadden (1975) ont d'ailleurs détaillé les limitations générées par cette méthode. Les principales sont présentées ci-dessous :

- L'agrégation en zones oblige l'uniformité comportementale. Il est donc impossible de mesurer la variabilité individuelle existant au sein des zones.
- Conséquence du recours à une matrice, l'information fournit par chaque lien au terme de l'étape d'affectation demeure synthétique ce qui ne permet aucunement de dériver les comportements individuels de déplacement.
- Le caractère séquentiel de la procédure limite la rétroaction. Par exemple, l'étape de la répartition modale nécessite la connaissance des coûts généralisés, inconnus à ce moment puisque les temps de parcours doivent tenir compte de la congestion, qui est déterminée à l'issue de la phase d'affectation. Les temps de parcours utilisés dans la fonction d'impédance de l'étape de distribution doivent également être validés et corrigés par un processus itératif de la PSC suite à l'étape d'affectation, ce qui n'est pas toujours fait.
- La procédure est temporellement statique et non dynamique. Ainsi, même en limitant l'étude à une période précise, par exemple la pointe AM, la situation sera figée pour l'ensemble de la période ce qui ne reflète pas la réalité.
- Étape de GÉNÉRATION. La génération calcule les déplacements à partir de facteurs pouvant eux-mêmes être influencés par le nombre de déplacements réellement effectués. Par exemple, les déplacements attirés pour motif magasinage

sont fonction des emplois commerciaux, mais les emplois commerciaux sont fonction du nombre d'individus venant magasiner. Aussi, cette étape n'intègre pas l'offre de transport (performance du système), un facteur qui peut grandement influencer le choix du lieu et du mode de déplacement.

- Étape de **DISTRIBUTION**. Il n'est possible d'utiliser qu'une seule mesure de coût entre les zones. Celle-ci est souvent basée sur le temps ou le coût généralisé en automobile, bien que d'autres modes n'aient pas la même accessibilité. Pour remédier à ceci, les différents modes peuvent être scindés à l'étape de génération. Il faut à ce moment s'assurer que chaque échantillon demeure statistiquement significatif.
- Étape de **RÉPARTITION MODALE**. Il est difficile de quantifier et d'intégrer dans une fonction d'utilité des caractéristiques qualitatives telles que le confort. De tels paramètres sont susceptibles d'influencer le choix modal au même titre que les caractéristiques de temps et de coût.
- Étape d'**AFFECTATION**. La simplification du niveau de résolution du réseau fait en sorte que tous les déplacements sont affectés sur le réseau principal, alors que certains empruntent en réalité le réseau local. De plus, les déplacements n'étant modélisés que de centroïde à centroïde, il peut exister de grandes variations entre les chemins réels et les chemins modélisés, en particulier pour les déplacements effectués entre deux zones peu éloignées.

3.1.2 Approche désagrégée

Pour pallier aux limitations de l'approche agrégée et mieux représenter les comportements de déplacement, des modèles alternatifs ont vu le jour. Domencich et McFadden (1975), conscients qu'un modèle soucieux de reproduire un comportement (ici, de mobilité) devrait en premier lieu considérer l'individu, ont été parmi les premiers à s'intéresser à la richesse pouvant provenir de données désagrégées :

« In developing mathematical model of travel demand, the analyst is attempting to explain the differences in observed travel behaviour. The more differences he is able to examine and explain, the more confidence he can have in his results; for this reason large samples are desired. However, when observations are aggregated, the number of observations available to be analyzed and the variability within the sample are seriously reduced. »

Le modèle désagrégé tente ainsi de représenter les décisions que les usagers prennent lorsque confrontés à différents choix en décrivant le plus fidèlement possible la relation causale entre les caractéristiques socioéconomiques, les caractéristiques du système de transport et les comportements de déplacement qui en découlent (Domencich & McFadden, 1975). Pour ce faire, la modélisation désagrégée s'appuie sur le concept d'utilité provenant de la théorie micro-économique. Ce concept réfère à la satisfaction ressentie par l'individu face à la consommation d'un bien ou d'un service. Ainsi, dans un contexte de modélisation des transports, l'individu choisira l'option de déplacement qui maximise son utilité.

Le modèle d'utilité à choix discret se définit habituellement sous la forme $U_i = V_i + \varepsilon_i$ (Ortúzar & Willumsen, 2001). Le terme V_i représente la portion comportementale connue liée aux attributs de l'individu alors que le terme ε_i tient compte de l'incertitude liée au modèle lui-même ainsi que de la portion comportementale aléatoire due à l'information incomplète en possession de l'analyste. Ce terme cherche aussi à incorporer le fait que même si chaque individu cherche à maximiser son utilité, deux individus possédant les mêmes attributs et soumis au même choix peuvent sélectionner deux options distinctes. Évidemment, les hypothèses posées sur V_i et ε_i produisent des modèles distincts (Bierlaire, 1997). Ainsi, les modèles désagrégés, bien qu'ils se basent sur les comportements individuels, demeurent sensibles aux hypothèses posées et aux données disponibles.

3.1.3 Approche totalement désagrégée

Finalement, l'approche totalement désagrégée en modélisation de réseaux de transport a été développée dans les années quatre-vingt (Chapleau, Trépanier et al., 1998). Elle se distingue principalement des autres approches de modélisation en transport urbain en raison de l'intégration des concepts suivants (adapté de Chapleau, 1992; Chapleau, Trépanier, & Allard, 1998; Chapleau, 2002; Sarmiento & Chapleau, 2004) :

- la désagrégation spatiotemporelle de tout itinéraire de déplacement qui identifie, pour chaque lieu spatial lié à une trajectoire, des coordonnées XY fines et un temps;
- l'intégration à l'analyse de toute information pertinente concernant l'offre de transport (géométrie du réseau, niveaux de service, etc.);
- l'intégration des éléments propres à chaque itinéraire (séquence des modes utilisés, motif, spatio-temporalité) ainsi que des caractéristiques socioéconomiques de l'individu et de son ménage.

Il n'est donc plus question d'un traitement zonal synthétique par valeur moyenne, mais d'une information individuelle complète. Ceci permet une analyse multidimensionnelle des comportements selon différents niveaux de résolution pouvant être spécifiés à partir de requêtes sur des objets ciblés. Morency (2004) résume efficacement l'« enjeu fondamental de la démarche scientifique de modélisation de la réalité urbaine selon une approche totalement désagrégée » : à partir de l'exploitation de la meilleure information disponible et de la conception que s'en donne l'analyste, cette approche permet de dériver des modèles/procédures/méthodes dont l'enjeu est de reproduire le plus exactement possible le contexte spatiotemporel et la dimension socio-économico-démographique propre à la réalité urbaine.

La Figure 3.3, adaptée de Chapleau (1992), schématise la structure informationnelle d'un déplacement individuel selon l'approche totalement désagrégée pour le cas d'un usager du transport adapté. Ce déplacement fait partie d'une tournée, une tournée étant la séquence chronologique des mouvements consécutifs effectués par le même chauffeur

et le même véhicule. Cette tournée débute et se termine au garage de la STM si le véhicule est un minibus.

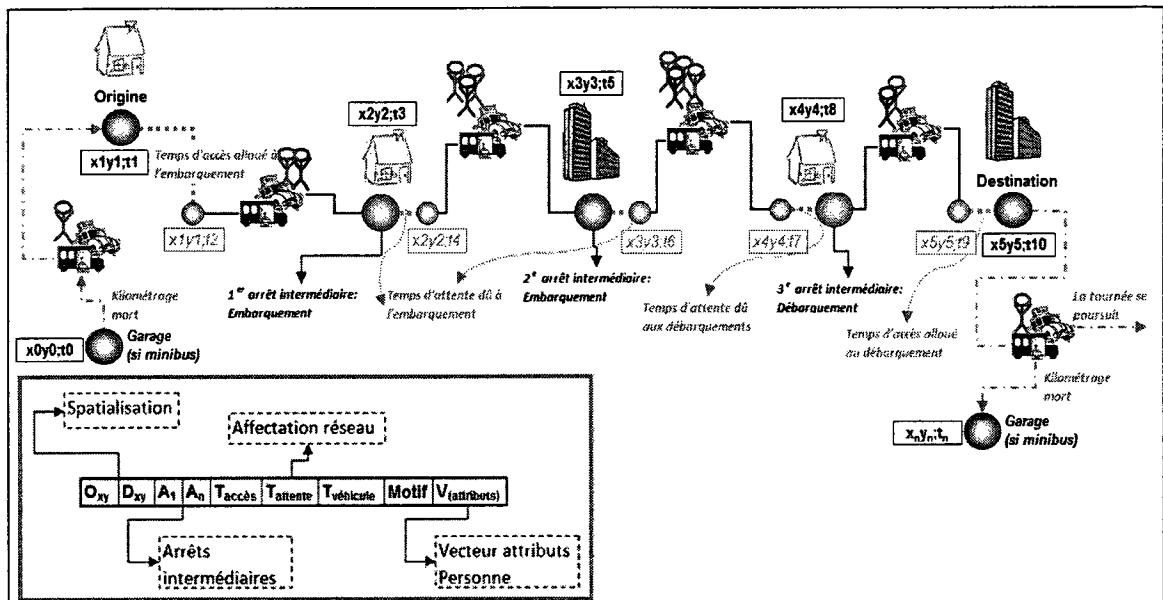


Figure 3.3 : Déplacement individuel totalement désagrégé d'un usager du transport adapté et contexte spatio-temporel

3.1.4 Modélisation orientée-objet en transport

Dans un contexte de modélisation en transport, l'approche orientée-objet est un concept qui existe en premier lieu afin de mieux comprendre l'usage spécifique de chaque information dans un système de transport (Chapleau, Trépanier et al., 1998). L'approche orientée-objet provient initialement du milieu informatique. Les concepts fondamentaux associés sont ceux d'objets, de classes, de méthodes et de propriétés :

« *En orienté-objet, la classe est le 'moule' utilisé pour créer les objets (les instances). Elle contient les spécifications des propriétés (attributs) et des méthodes (actions [pouvant être faites sur un objet]) attribuables à chaque manifestation d'objet. Les classes peuvent échanger leurs caractéristiques avec des sous-classes selon le principe d'héritage, ce qui permet de généraliser les méthodes parmi les classes de même famille.* » (Trépanier & Chapleau, 2001)

Ainsi, une classe regroupe les objets possédant les mêmes propriétés (composantes statiques) et les mêmes méthodes (composantes dynamiques). En planification des

transports, ces concepts se traduisent en quatre métaclasses d'objets et la connexité entre les différents objets est définie par des relations (Trépanier, 1999) telles que l'illustre la Figure 3.4.

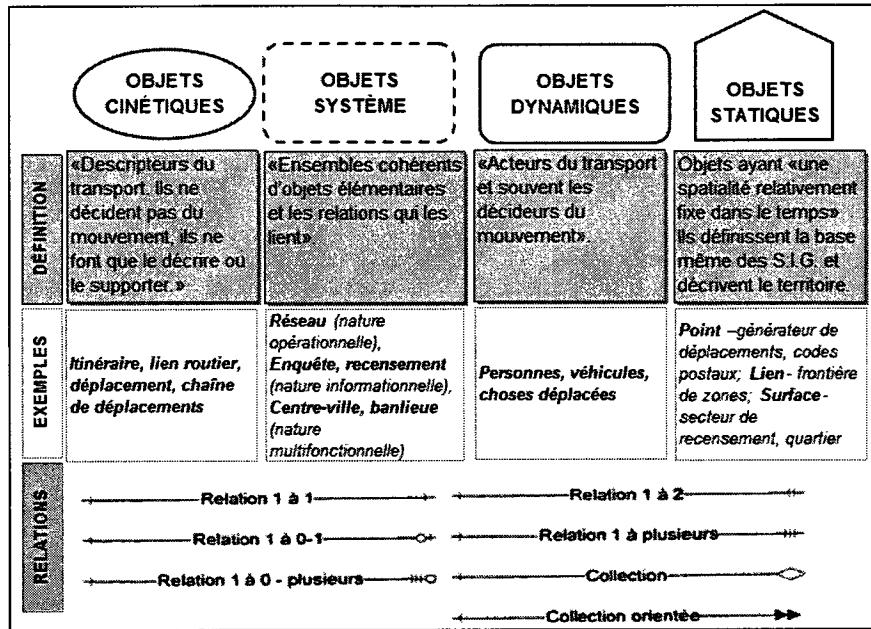


Figure 3.4: Métaclasses d'objets en transport et relations (Trépanier, 1999)

Dans le cadre de l'étude et de la conceptualisation du problème de caractérisation de la demande de transport adapté, l'approche orientée-objet selon une analyse totalement désagrégée représente un instrument technique et analytique très pertinent (Chapleau & Allard, 2007) en suggérant une structuration et une hiérarchisation des données logiques et efficaces tout en assurant une meilleure qualité et intégrité des tables de données. La Figure 4.6 présente le modèle-objets du transport adapté.

3.1.5 Modélisation de la demande de transport adapté

L'intérêt encore émergent du transport adapté combiné au manque de données font de la modélisation prévisionnelle de cette demande une préoccupation encore très peu documentée. Au Québec, il y a un peu plus de quinze ans, Bussière et al. (1993) tentaient d'élaborer un modèle d'estimation de la demande en transport des personnes à mobilité

réduite pour la région métropolitaine de Montréal (RMM), tous modes confondus. Faute d'enquêtes spécifiques portant sur les comportements de transport de cette clientèle, les auteurs se sont rabattus sur les données de mobilité tirées de l'ESLA de 1986 bien que cette enquête ne « visait pas cet objectif » (Bussière, Thouez et al., 1993). Le caractère très parcellaire et qualitatif des données, les choix de calibration arbitraires tout comme l'absence de spatialisation sont tous des limitations impactant les résultats du modèle.

Dans le but d'aider les communautés américaines à se conformer aux exigences de l'ADA (Americans with Disabilities Act) qui requiert qu'un service de transport complémentaire soit fourni aux individus incapables d'utiliser le service régulier, le TCRP (Transit Cooperation Research Program) a également établi un modèle de prévision estimant la demande annuelle totale pour ce type de service à partir de l'analyse en coupe instantanée des données agrégées de vingt-huit organismes de transport respectant les normes de l'ADA (Koffman, Lewis et al., 2007). L'estimation de la demande est basée sur six variables: la population admissible au service habitant la zone étudiée, le tarif de base, la proportion des usagers éligibles conditionnellement, l'utilisation ou non d'une méthode de filtrage basée sur les conditions d'éligibilité, la proportion de la population dont les revenus du ménage sont sous le seuil de la pauvreté et la fenêtre de temps spécifiée à l'usager. D'autres facteurs, reconnus pour influencer la demande, n'ont pas été inclus dans le modèle d'estimation de la demande en raison d'un manque de données, de la fiabilité douteuse de certaines mesures et de la petitesse des échantillons disponibles.

Ces modèles représentent un premier pas dans le désir de comprendre les comportements de transport des gens ayant des limitations. Néanmoins, malgré la possibilité de recourir à une analyse davantage désagrégée pour modéliser plus finement les comportements de déplacement, ils sont la preuve que plusieurs modélisateurs optent encore pour des modèles davantage agrégés en raison du fait que plusieurs petites communautés ne disposent pas de données ou de ressources techniques suffisantes

permettant l'élaboration d'un modèle désagrégé. Or, tel que le mentionne Sammer (2008):

« The planning and modelling of public transport must take the whole trip from door to door into account [...]. This means that travel behaviour surveys must provide more information than generally collected in traditional behaviour surveys, such as origin, destination, trip purpose, mode of transport, length, and duration of trip. To explain and model travel behaviour regarding public transport it is essential to record the individual trip stages in detail because the user assesses individual trip stages differently regarding the generalised costs. »

En Californie, l'OCTA (Orange County Transportation Authority) a développé un modèle permettant d'évaluer la demande du service de transport adapté sur cinq ans à partir de données réelles archivées correspondant à 1.8 millions d'embarquements sur une période de trente-quatre mois (Menninger-Mayeda, Berger et al., 2004). Préalablement à l'établissement du modèle, la validation des données ainsi que la construction de nouvelles variables catégorielles (basées sur l'âge, la fréquence de déplacement, les régions géographiques d'origines et de destinations, etc.) ont été réalisées. Certains patrons ont également été analysés : déplacements en fonction de l'heure, du jour, du mois; distinctions géographiques par code postal et ville; caractérisation sociodémographique sommaire des usagers (âge et déficience); caractérisation des déplacements (fréquence, motif, distance). L'analyse a également distingué les usagers inscrits des usagers actifs.

L'objectif soutenu par ce modèle est double : être basé sur des variables prédictives fortement liées à la demande et être adaptable aux changements qui influencent la demande et qui peuvent modifier la représentativité prédictive du modèle. Le modèle, basé sur une régression multi-variables, incorpore les tendances de croissance, le moment de l'année, le jour ainsi que les congés fériés afin de prédire la demande quotidienne d'embarquements à l'aide de séries temporelles. Afin de pouvoir détecter les changements dans le système et modifier le modèle en conséquence, Menninger-Mayeda et al. (2004) proposent également de faire le suivi de certaines variables internes

(distribution d'âge des usagers en fonction de la déficience, déplacements en fonction du moment de la journée, déplacements par motif, déplacements par distance) et externes (par exemple, l'ajout de services de transports médicaux). Un effort a également été fait pour qualifier les facteurs et les programmes pouvant affecter la demande tels que les hôpitaux, les centres de soin (CHSLD, résidences), les programmes pour les enfants et les personnes âgées handicapés, etc. Des données historiques et prévues concernant la croissance des grands générateurs de déplacements sont aussi accumulées. Au final, le modèle explique très bien les fluctuations de la demande dues au jour de la semaine, à la saison et aux jours fériés. Par contre, il ne permet pas de prédire l'impact des changements dans les politiques opérationnelles telles que le tarif, le territoire couvert, les critères d'éligibilité, etc. L'approche méthodologique désagrégée et documentée de ce modèle est celle qui s'approche le plus de la culture informationnelle montréalaise en ce qui a trait à la modélisation des comportements de déplacement.

3.2 Systèmes d'information géographique en transport

Effectivement, l'approche totalement désagrégée est intimement liée à une culture qui se veut informationnelle et technologique. Le recours aux systèmes d'information géographiques transport orientés-objets (SIG-TOO) reflète cette nécessité de posséder des outils d'aide en transport qui, non seulement décrivent les propriétés et le rôle de chaque objet au sein du système à l'étude, mais qui intègrent le caractère spatial des objets. Selon Thill (2000), quatre grandes caractéristiques distinguent les SIG des autres outils informationnels actuels :

- leur pouvoir de géo-visualisation;
- leur manière d'indexer spatialement l'information ce qui permet de géo-localiser tout événement ou toute entité dans un datum spécifique;
- leur capacité analytique qui les distingue d'une simple application de cartographie;
- leur fonctionnalité relationnelle (base de données) qui leur permet d'expliciter les relations spatiales et topologiques entre deux entités et d'emmagasiner l'information propre à chaque entité.

Dans un SIG, toute donnée spatiale peut être définie selon un contenant vectoriel spatiotemporel (point, ligne ou surface) tout en conservant son contenu sémantique qualitatif ou quantitatif (Thomas, 2001).

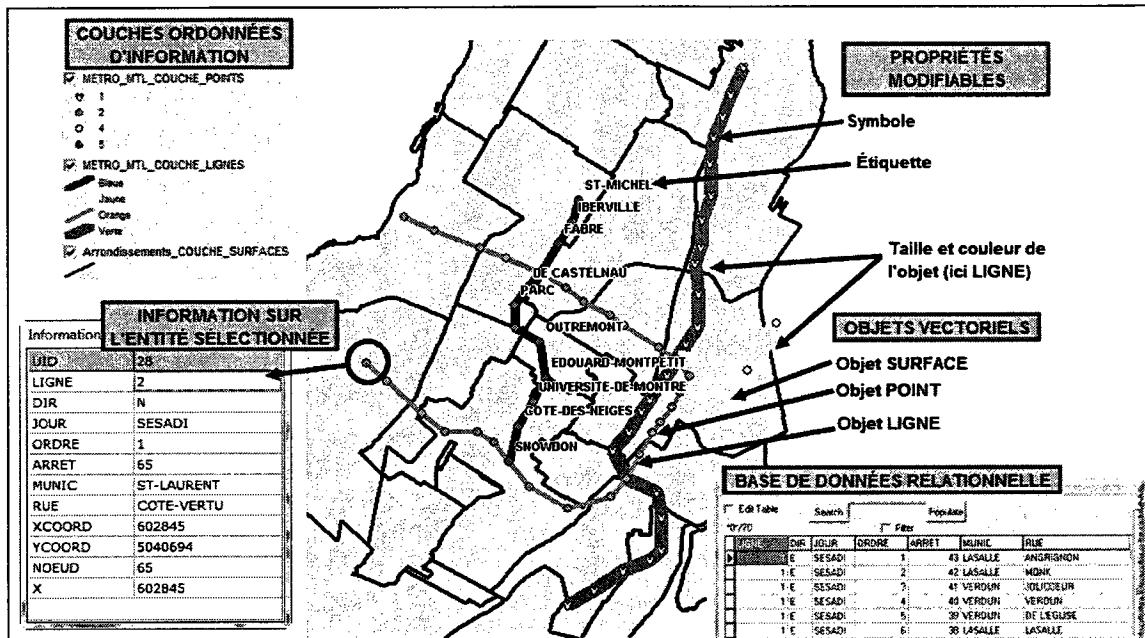


Figure 3.5 : Caractéristiques des SIG-TOO

Le **point**, qui peut être minimalement décrit par ses coordonnées x-y (Spear, 2004), représente le niveau le plus désagrégé de l'objet géographique. En transport adapté, il représente des données de lieux fixes tels que les domiciles, des lieux d'activité ainsi que les origines et destinations des déplacements. Certains véhicules de transport adapté sont également équipés de GPS ce qui leur permet de recueillir des données ponctuelles en continu sur les itinéraires. Néanmoins, la complexité de représentation d'un grand nombre de points, par exemple des données GPS relevées à toutes les secondes, conduit également à l'utilisation de formes plus agrégées pour les objets transport schématisant le mouvement (Kaddouri, 2008). La forme la plus utilisée pour représenter un flux est la **ligne** ou la **polyligne**. Toute ligne est un objet unidimensionnel connectant deux points et pouvant être entièrement décrit par ses points d'origine et de destination. La ligne de

désir, qui lie l'origine à la destination par le chemin le plus court à vol d'oiseau, en est une application courante. Finalement, pour des tendances de mobilité associées à des zones, par exemple la densité de population par arrondissement, les données de transport adapté peuvent aussi être représentées par un **polygone** (une **surface**), soit un objet bidimensionnel formé de lignes connectées et dont le point d'origine de la première ligne correspond au point de destination de la dernière ligne.

À ces couches d'information vectorielle peuvent également s'ajouter des images matricielles. Par contre, contrairement à l'image vectorielle qui est numérique et donc redimensionnable sans perte de qualité, l'image matricielle possède une résolution fixe. Tout zoom occasionnera ainsi une perte de qualité. Considérant le caractère spatiotemporel et totalement désagrégé des données opérationnelles du transport adapté disponibles pour cette étude (voir section 4.4), le SIG-TOO devient un outil analytique pertinent et puissant si utilisé à sa juste valeur.

CHAPITRE 4: DONNÉES : CONTEXTE ET STRUCTURATION

« In the past, one could get by on intuition and experience. Times have changed. Today, the name of the game is data. » (Steven D. Levitt)

Si l'approche et les outils privilégiés influenceront la capacité à mesurer et à modéliser différents phénomènes de mobilité, la qualité des données, leur structuration, leur niveau de résolution ainsi que la méthodologie derrière leur acquisition le sont tout autant. Effectivement, les données représentent l'élément d'information à la base de toute analyse subséquente. Ce chapitre s'attarde ainsi à mettre en lumière l'importance des données dans le processus d'analyse menant à la clarification des enjeux.

4.1 *État-de-l'art*

4.1.1 Qualité des données

La qualité des données inclut l'exactitude des coordonnées spatiales et des attributs, la logique référentielle ainsi que la complétude exhaustive (FTA - DOT, 2005). Arentze et al. (1997) spécifient quatre aspects régissant l'efficacité et l'efficience des données soit leur accessibilité, c'est-à-dire leur disponibilité sous un média et un format modernes; leur caractère dynamique permettant une mise à jour immédiate lorsque surviennent des modifications; leur flexibilité qui doit permettre d'opérer selon divers niveaux de résolution spatiotemporels et leur capacité d'intégration qui doit permettre de relier différentes sources de données entre elles par le biais d'éléments communs.

4.1.2 Métadonnées : les données sur les données

Pour qu'elles survivent au temps et aux générations, les données doivent également être documentées, autant sur leur contenu, leur format, leur provenance, leur qualité, leur condition que leur organisation et leur historique de mise à jour. Les métadonnées fournissent aux intervenants externes l'information nécessaire pour comprendre la signification et le contexte associés aux données (FTA - DOT, 2005). Sans recourir aux

métadonnées, l'information demeure chaotique; chaque nouveau projet visant à utiliser les données préalablement traitées doit réinventer la roue, c'est-à-dire redéfinir l'état et la qualité des données. Malgré cette certitude, très peu de procédures sont entièrement documentées, standardisées et systématisées. Or, des ensembles de données de plus en plus considérables sont générés par les méthodes de cueillette automatiques telles que les GPS et les cartes à puces. Alors que la problématique d'extraction efficace de l'information provenant de tels ensembles de données se posait essentiellement dans des contextes de marketing, cette question est appelée à être centrale dans les préoccupations de planification en transport urbain au cours des décennies à venir.

4.2 Méthodes d'acquisition des données en transport

Sachant que la méthodologie influencera la qualité et la quantité des données collectées (Sammer, 2008), il revient au planificateur de choisir la méthodologie la plus adaptée en fonction des objectifs de l'étude et des ressources disponibles. L'utilisation subséquente des données doit ensuite être faite en respectant leur potentiel de mesure. Les sources d'erreurs et de biais relatives à l'échantillon doivent aussi être documentées. Les méthodes permettant de recueillir des données en transport sont de deux types : les enquêtes/recensements ainsi que les systèmes d'observation (Morency, 2007).

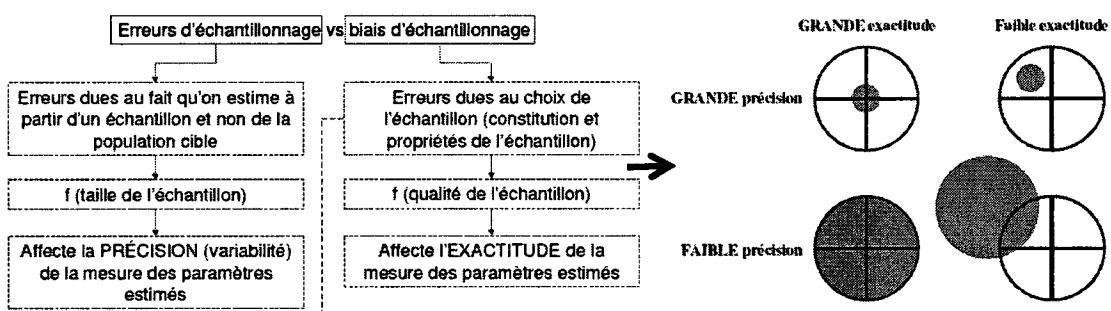


Figure 4.1 : Erreur versus biais d'échantillonnage (Morency, 2007)

4.2.1 Types d'enquêtes

Il existe différents types d'enquêtes dont la plupart relève de l'une ou de l'autre des approches suivantes : soit ce sont des enquêtes dites transversales, soit ce sont des enquêtes dites longitudinales. Le grand avantage de l'enquête longitudinale sur l'enquête transversale est qu'elle permet de mesurer la variabilité comportementale individuelle pour chacun des membres de l'échantillon à travers le temps. Tourangeau et al. (1997) distinguent entre quatre types d'enquêtes.

Tableau 4.1 : Différences entre quatre types d'enquêtes (Tourangeau, Zimowski et al., 1997) [traduit par (Chapleau, Pellecuer et al., 2006)]

Approche	Conception	Nombre d'échantillons distincts	Nombre de collectes de données	Nombre de mesures pour chaque membre de l'échantillon	Type de variation mesurée		
					Variation parmi les membres de l'échantillon (variation transversale)	Variation au sein des membres de l'échantillon à travers le temps (variation longitudinale)	Variation dans la population à travers le temps
Transversale	Enquête transversale unique	Un	Une	Une	Oui	Non	Non
	Enquête transversale répétée	Deux ou plus (autant que de collectes de données)	Deux ou plus	Une	Oui	Non	Oui
Par Panel (longitudinale)	Enquête longitudinale à échantillon fixe	Un	Deux ou plus	Deux ou plus (autant que de collectes de données)	Oui	Oui	Non
	Enquête longitudinale à échantillon variable	Deux ou plus	Deux ou plus	Deux ou plus (généralement moins que de collectes de données)	Oui	Oui	Oui

Traditionnellement, au début du développement des méthodes d'enquête dans les années 1970, la planification en transport recourrait à l'enquête transversale unique afin de caractériser le jour et l'heure de pointe représentatifs (Ortúzar & Willumsen, 2001). « *The observation is taken at a precise and fixed point in time. It is like a snapshot photograph...* » (Madre, 2003). Des données couvrant uniquement une journée ignorent les variations comportementales dans le temps et ne suffisent plus pour répondre à

certains des enjeux en transport (Bayarma, Kitamura et al., 2007). « ...*The objective is to collect more light with a longer duration of exposure* » (Madre, 2003).

Les enquêtes multi-jours et multi-périodes répondent à cette nécessité de caractériser la variabilité des patrons d'activité et de déplacement d'un individu jour après jour, semaine après semaine, mois après mois. Elles font également ressortir les effets de saisonnalité, de climat et de types de jour (semaine, fin de semaine, congé férié, lundis versus mardis, etc.).

4.2.1.1 *Enquête multi-jours*

Une enquête multi-jours mesure les rythmes de mobilité durant plusieurs jours consécutifs et est conduite auprès des mêmes personnes, ménages ou véhicules. C'est donc une enquête longitudinale à échantillon fixe. Idéalement, une telle enquête durera au moins une semaine -de manière à obtenir un cycle élémentaire pour la majorité de la mobilité quotidienne et aussi afin de ne pas engendrer une variabilité artificielle- et se terminera au maximum après six semaines afin de ne pas engendrer d'effets de mémoire (Massot, Madre et al., 2000). Une enquête souvent répertoriée dans la littérature est l'enquête MOBIDRIVE réalisée en Allemagne sur une période continue de six semaines (Axhausen, Zimmermann et al., 2004).

4.2.1.2 *Enquête multi-périodes*

Une enquête multi-périodes mesure les changements se produisant entre des périodes temporelles successives. Elle correspond soit à une:

- Enquête transversale répétée, c'est-à-dire une enquête menée à plusieurs intervalles dans le temps appliquée à différentes répondants. C'est une capture d'écran d'une population à différents points dans le temps.
- Enquête de type longitudinale à échantillon fixe, c'est-à-dire une enquête menée à plusieurs intervalles dans le temps appliquée aux mêmes répondants. Ce sont les enquêtes sur les mêmes individus à plusieurs occasions qui permettent d'observer les

changements dans les comportements de mobilité et de percevoir les changements dynamiques et les déterminants menant à des décisions importantes (déménagement, changement d'emploi, achat d'une voiture).

Idéalement, la cueillette de données s'étale sur une période d'au moins deux ans durant laquelle chaque individu est enquêté minimalement une fois par an lors de la même période temporelle. La similarité de la période d'enquête permet de détecter les changements réels dans les comportements plutôt que les effets saisonniers.

4.2.1.3 Enquêtes en continu

L'enquête en continu peut être considérée comme l'extension de l'un ou l'autre des types d'enquêtes multi-périodes. L'enquête en continu existe à l'échelle nationale en Angleterre, aux Pays-Bas, en Suède, au Danemark et en Norvège. Elle existe aussi à l'échelle locale à Melbourne et à Sydney (Australie) et elle est à l'essai à Montréal. Madre (2003) présente un portrait comparatif succinct des enquêtes en continu par rapport aux enquêtes menées ponctuellement dans le temps:

- elles permettent de dresser un bon portrait de la mobilité non seulement pour un jour normal de semaine mais pour toute l'année;
- elles sont moins sensibles aux événements imprévisibles (grèves, conditions météorologiques exceptionnelles, etc.);
- elles permettent des analyses à court et à long terme;
- elles nécessitent des subventions régulières, mais raisonnables;
- elles se déroulent sur une période 'infinie', la population enquêtée ne peut donc pas être considérée constante.

Malgré les particularités uniques des enquêtes longitudinales (multi-jours, multi-périodes, en continu), plusieurs planificateurs hésitent à les entreprendre en raison des effets souvent néfastes reliés à la fatigue des répondants et au faible taux de réponse (Schönfelder, Axhausen et al., 2002).

4.2.1.4 Utilisation de données passives archivées

Le recours à des méthodologies alternatives, qui n'imposent pas de contact direct avec les individus est une issue qui est de plus en plus étudiée par les planificateurs voulant collecter des données multi-jours et multi-périodes. Pendyala (2003a) a mesuré la variabilité quotidienne dans les comportements de transport individuels au sein de la région de Lexington (KY) à l'aide de GPS pour une période moyenne continue de six jours. Les données passives ont de multiples avantages sur les enquêtes standards, entre autres : la collecte d'information supplémentaire que l'individu n'est pas en mesure de fournir (GPS : vitesse, tracé, routes empruntées) ainsi que la minimisation de la participation directe des usagers-clients, ce qui limite le fardeau des répondants et fournit une meilleure précision dans les réponses qui ne sont pas biaisées par les effets de mémoire ni par la non volonté des gens à fournir la même information de manière répétitive. La nouvelle génération d'enquêtes-enquêteurs virtuels passifs que sont les cartes à puce ou les données opérationnelles planifiées réalisées a également un avantage indéniable par rapport à la représentativité de l'échantillon. Effectivement, le pourcentage de la clientèle enquêtée peut aller jusqu'à 100%, ce qui est supérieur à toute enquête traditionnelle.

Néanmoins, des enjeux au niveau du contrôle de la qualité persistent, notamment en raison de la conception des systèmes opérationnels qui oblige encore l'intervention humaine dans la saisie de certaines informations. La gestion d'aussi grands ensembles de données est également une préoccupation non négligeable.

4.2.2 Culture montréalaise

4.2.2.1 Enquêtes Origine-Destination

La grande région de Montréal est un laboratoire de données uniques en ce qui concerne la mesure des comportements individuels de mobilité (Morency & Chapleau, 2008) ne serait-ce que par ses enquêtes Origine-Destination réalisées auprès d'environ 5% des

ménages environ tous les cinq ans depuis 1970, la dernière ayant eu lieu à l'automne 2008.

Le niveau de résolution spatial très fin (coordonnées xy) des données, l'importance quantitative de l'échantillon enquêté, l'ensemble des détails sur l'itinéraire déclaré ainsi que le profilage sociodémographique des personnes et des ménages font de ces enquêtes un instrument de mesure unique apte à répondre à plusieurs questionnements : comportements de mobilité, utilisation du sol et des réseaux de transport, impact de certaines tendances lourdes telles que la motorisation des femmes ou le vieillissement de la population. Une grande importance est également accordée à la qualité des données et des méthodes employées :

«Le fichier d'enquête unifié conserve l'entièreté de l'information déclarée. L'utilisation d'une approche orientée-objet dans l'application des méthodes de la modélisation totalement désagrégée permet de réifier les données d'enquête en objets, ce qui facilite leur manipulation par les propriétés et méthodes associées. L'approche sert également à dériver de nouveaux objets à partir des déclarations de l'enquête, tels que les statuts et les générateurs de déplacements. Le modèle-objet informationnel enrichi qui en résulte se prête à l'application de méthodes de visualisation, d'analyse et de présentation, ce qui élargit le spectre d'exploitation des données d'enquêtes ménages. » (Trépanier & Chapleau, 2001)

Ces enquêtes, réalisées par téléphone et assistées par le logiciel MADQUOI (questionnaire intelligent validant les logiques), sont de type transversal répété et collectent essentiellement des données sur trois objets: les ménages, les personnes et les déplacements.

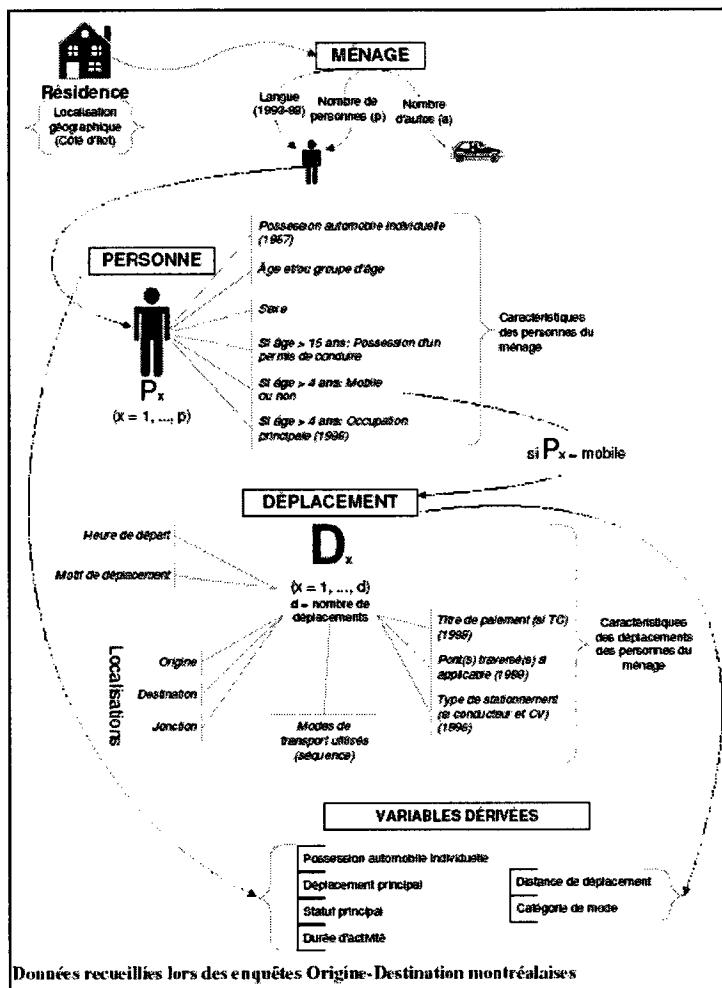


Figure 4.2 : Données recueillies lors des enquêtes Origine-Destination montréalaises

D'autres méthodes de cueillette de données viennent également compléter le portrait du transport urbain montréalais : les enquêtes à bord, les enquêtes d'utilisation des titres de transport métropolitain, les véhicules équipés de GPS, les comptages automatiques, etc. À ceci, se greffe graduellement les enquêtes en continu (depuis 2007) ainsi que les cartes à puce (2008).

4.2.2.2 « Enquêtes » en transport adapté

En ce qui concerne le contexte particulier des personnes souffrant d'un handicap, les enquêtes origine-destination montréalaises ne permettent pas d'établir un profil

représentatif de cette clientèle. D'autres enquêtes ont tenté de mesurer la prévalence de l'incapacité à l'échelle nationale et provinciale. Ces enquêtes renseignent sur la nature et la gravité des incapacités ainsi que sur les situations économique et sociodémographique - participation sur le marché du travail, scolarisation, transport et déplacements, loisirs, etc.- des personnes handicapées. Néanmoins, elles ne révèlent que des faits saillants synthétiques.

Tableau 4.2 : Historique des enquêtes et sources de données sur l'incapacité et les systèmes de transport adapté

Enquête	Année(s) de réalisation	Organisme mandataire
ESLA	1986, 1991	Statistique Canada
EQLA	1998	Institut de la statistique du Québec
EPLA	2001, 2006	Statistique Canada
Répertoire statistique du MTQ	Annuellement	Ministère des Transports du Québec
Étude sur les besoins et la satisfaction de la clientèle	2004	Ministère des Transports du Québec

Selon l'OPHQ (2007), l'EPLA est la principale source de données sur la population handicapée au Québec, « sa méthodologie permettant d'identifier les personnes qui correspondent le plus à la définition légale de personne handicapée selon la *Loi assurant l'exercice des droits des personnes handicapées* ». Par ailleurs, la méthodologie d'échantillonnage ainsi que le contexte de réalisation distinct entre l'EPLA et les enquêtes précédentes (ESLA et EQLA) rendent les résultats incomparables.

Toujours de manière agrégée, les clients du transport adapté du Québec sont également enquêtés annuellement par le biais du répertoire statistique du MTQ qui fournit des indicateurs globaux concernant l'offre de service de chaque OTA. À l'automne 2004, une étude a également été menée auprès de certains usagers du transport adapté sélectionnés au hasard à travers le Québec (Ministère des Transports du Québec, 2006) afin d'évaluer les besoins et la satisfaction de la clientèle admise. Au total, 1614 usagers

ont répondu à l'enquête entre le 4 novembre 2004 et le 10 janvier 2005 en se basant sur leurs déplacements effectués durant les douze mois précédents. Le point de vue des directeurs des OTA, des RUTA et des CUTA a également été recueilli.

Toutes ces sources de données, très agrégées et à faible taux d'échantillonnage, ne sont pas des révélateurs de comportements aussi riches que des données obtenues au niveau individuel. Malgré tout, elles caractérisent certaines grandes tendances comportementales pouvant permettre d'identifier certaines variables explicatives.

4.3 *Une enquête en totalement désagrégé*

Historiquement, les enquêtes sur l'incapacité ou sur les usagers des services de transport adapté dressent donc un portrait global et agrégé de la population souffrant d'une limitation sur le plan de la mobilité. Dans le cas de cette étude, les données utilisées sont les données dites planifiées-telles-que-réalisées utilisées par le centre de transport adapté de la société de transport de Montréal (STM) sur une période continue de quatre jours du mois de novembre 2007. Ces données opérationnelles journalières peuvent être qualifiées de données d'enquêtes multi-jours. Elles fournissent une information riche totalement désagrégée qui permet de capter les rythmes de la vie quotidienne ainsi que l'espace d'activité de chaque individu ou chaque catégorie d'individus utilisant le transport adapté. *«An important challenge is a better understanding of dynamics: i.e. the measurement of changes and of their determinants»* (Madre, 2003).

4.3.1 *Intérêt des données collectées*

L'intérêt des données collectées repose également sur la nature de l'échantillon, puisque la population étudiée représente l'univers complet. De plus, contrairement à une enquête multi-jours traditionnelle réalisée par téléphone, en face-à-face ou par le biais de la poste, l'avantage principal des données opérationnelles, dites passives, est que ce type de données limite l'implication active du répondant (usager) dans la collecte des données ce qui permet habituellement une meilleure exactitude (Madre, 2003).

Néanmoins, la rétroaction en temps réel avec le répondant, telle que permise par les enquêtes origine-destination, n'est pas possible. La saisie de l'information demeure également majoritairement manuelle et non standardisée en ce qui a trait aux données du client, aux adresses liées aux déplacements ainsi qu'aux dénominations des lieux-générateurs. Quant à l'information concernant l'organisation des tournées, elle est générée automatiquement à partir du logiciel ACCES ce qui élimine les erreurs dues à la saisie manuelle. Par contre, le croisement entre les données saisies manuellement et celles générées automatiquement est fréquent, phénomène qui peut entraîner une certaine contamination.

4.3.2 Confidentialité et éthique

Dans une perspective éthique de respect de la confidentialité de la vie privée, les données sont dématérialisées, c'est-à-dire dépourvues de leur caractère individuel de manière à ce qu'il soit impossible d'identifier un individu spécifique. Ainsi, bien que réelles, les données sont « virtuelles » en ce sens qu'elles n'ont pas d'identité propre. Une attention particulière est portée afin que les résultats d'analyses réalisées à partir de ces données soient présentés de manière à ce que l'anonymat des répondants soient rigoureusement maintenu (Pendyala, 2003b). L'éthique concernant l'utilisation de données humaines doit être strictement respectée, car toute violation pourrait compromettre l'accès et même la collecte de telles données dans le futur.

4.4 Ensemble de données et structure orientée-objets

4.4.1 Base de données initiale

Les données analysées concernent les données opérationnelles telles que réalisées pour les journées du 5 au 8 novembre 2007. Ces données brutes sont initialement stockées dans trois tables de données distinctes qui s'organisent autour de trois objets : Clients inscrits, Mouvements et Adresses communes. Ces tables de données fournissent respectivement de l'information sur les usagers du système, la planification de l'offre de service en tournées et certains lieux générateurs.

Tableau 4.3: Structure des données initiales

Tables initiales	Nombre d'enregistrements bruts	Principaux attributs
Clients inscrits	29 247	Numéro matricule (identificateur unique), Sexe, Langue, Âge, Déficience, Aide à la mobilité, Adresse, Coordonnées XY
Mouvements	55 204	Type, Ordre dans la tournée, Date, Heure, Véhicule, Chauffeur, Numéro de tournée, Espace client requis –si applicable–, Adresse, Coordonnées XY
Adresses communes	780	Type de lieu, Description, Adresse, Coordonnées XY

La table de données *Clients* répertorie tous les clients ayant fait une demande depuis la création du service de transport adapté. Le sous-ensemble composé des clients ayant effectués au moins une demande de déplacement pour la période à l'étude (5 au 8 novembre 2007) est extrait afin de former une table de données distincte. Cette table de données sera celle étudiée. Durant ces quatre jours, 5910 usagers ont prévu au moins un déplacement. De ce nombre, 5802 ont réellement utilisé le transport adapté.

La table de données *Mouvements* répertorie les événements liés à la tournée. Le mouvement peut être de cinq types : annulation (A), entrée/sortie du garage (G), point de contrôle/pause (T), embarquement (E) et débarquement (D). Les mouvements de type G et T ne sont pas associés à aucun déplacement-client et sont uniquement associés aux tournées effectuées par un minibus.

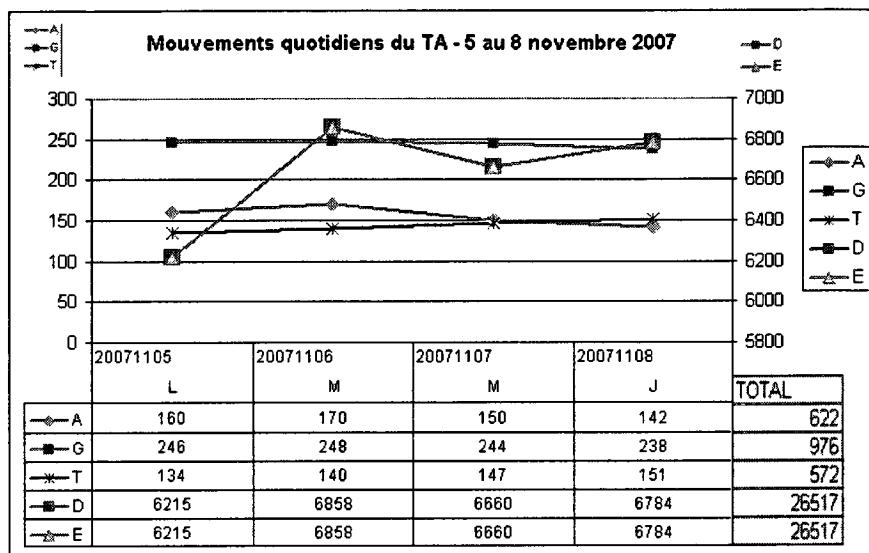


Figure 4.3 : Mouvements quotidiens du transport adapté

La table de données *Adresses communes* répertorie certains lieux générateurs, c'est-à-dire des pôles d'attraction desservant plusieurs clients. Ce lieu peut être public (parc, école, hôpital, etc.) ou privé (garage STM, résidence pour personnes âgées, etc.). La Figure 4.4 illustre la classification des différents types de lieux répertoriés dans la table de données Adresses communes.

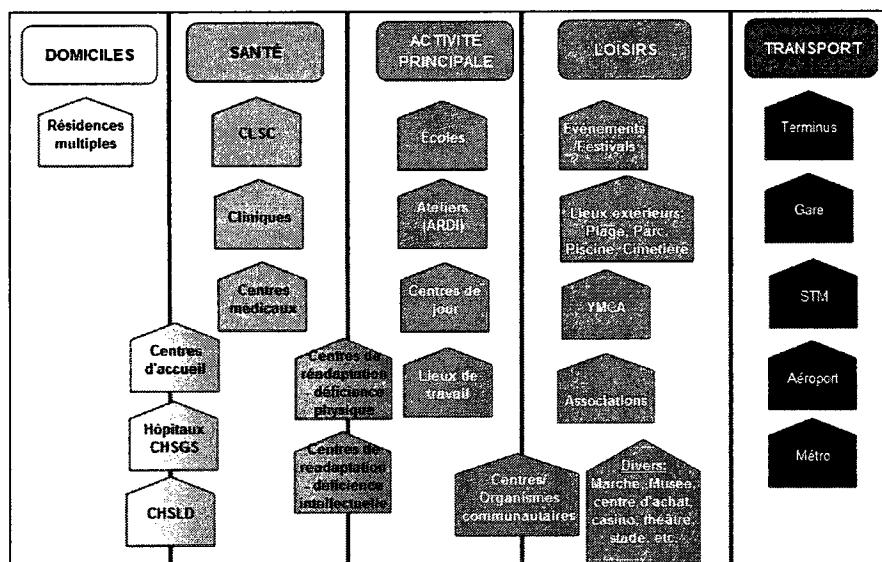


Figure 4.4 : Typologie des lieux répertoriés dans la table de données Adresses communes (inspirée de Sarmiento, 2004)

4.4.2 Méthodes orientées-objets

Les fichiers de données brutes possèdent un grand potentiel en ce qui a trait à l'information totalement désagrégée disponible concernant [adapté de (Chapleau, 1992)] :

- les éléments spatialisés : lieux d'activité et domiciles des usagers.
- les déplacements planifiés des personnes passivement enquêtées comportant les spécifications spatiotemporelles, les motifs et les modes de transport utilisés;
- l'exploitation du système de transport en ce qui a trait à l'offre disponible (flotte de minibus, chauffeurs, ententes avec les taxis) et à l'offre réalisée (tournées).

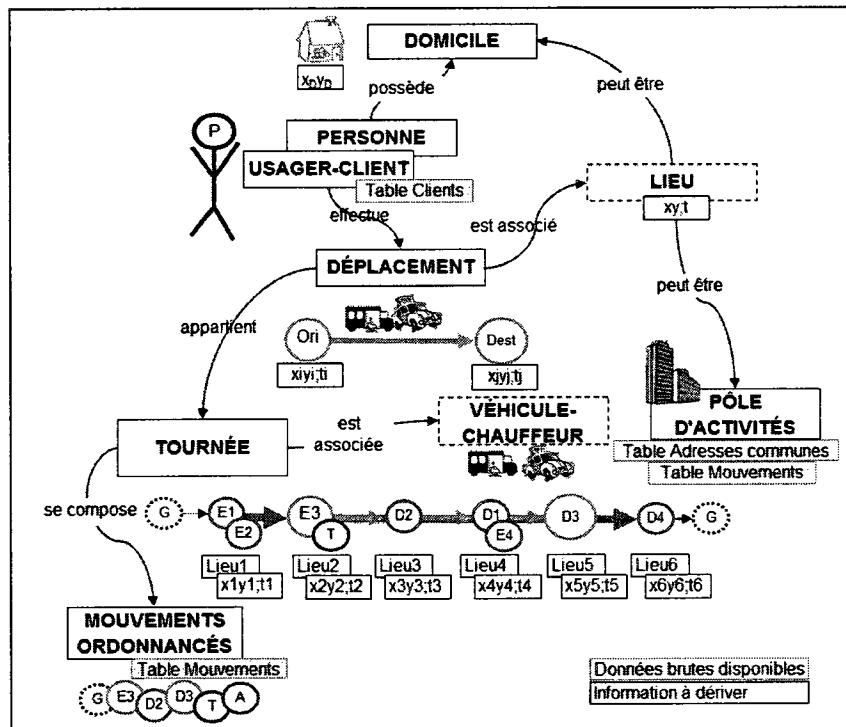


Figure 4.5 : Potentiel informationnel des données opérationnelles

Or, ce potentiel informationnel est initialement dormant. Des méthodes orientées-objets (géocodage, validation, génération d'objets, association) doivent être appliquées sur les objets initiaux pour en révéler toute l'essence. Cet effort de structuration et

d'organisation permet d'en arriver à une certaine caractérisation qualitative, quantitative et relationnelle concernant les objets du système.

La Figure 4.6 dénombre les occurrences de chaque objet composant le système de transport adapté pour la période à l'étude.

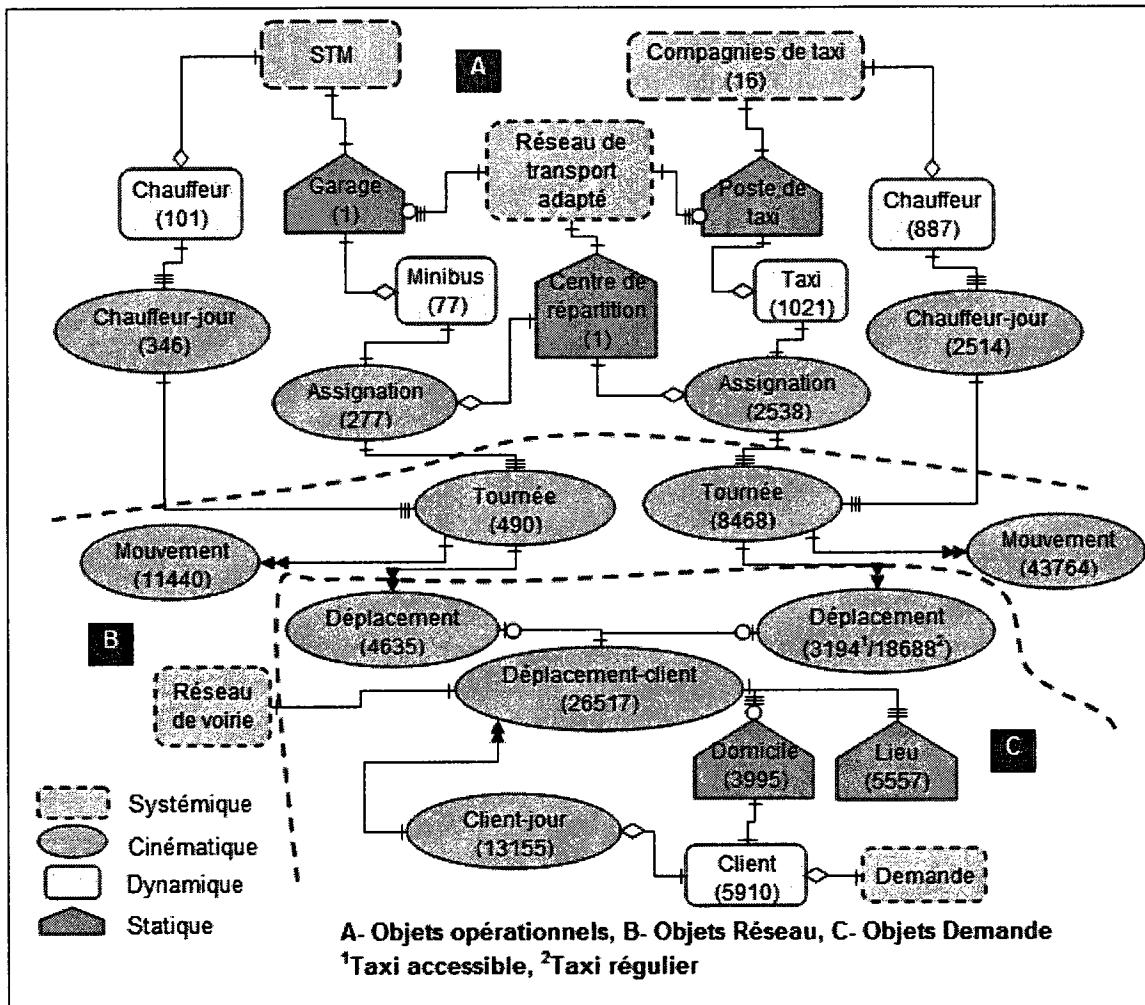


Figure 4.6 : Modèle-objets du transport adapté - Données du 5 au 8 novembre 2007 [Modèle adapté de http://www.sti.polymtl.ca/modèles_objets.htm; Schéma inspiré de (Chapleau, Trépanier et al., 2008)]

4.4.2.1 Méthodes de validation et d'imputation

Tel que mentionnée précédemment, même si passives, les données opérationnelles de transport adapté ne sont pas toutes générées et/ou collectées automatiquement et sont

donc susceptibles d'être erronées. Plusieurs informations sont effectivement entrées manuellement pouvant ainsi mener à des erreurs:

« Plusieurs efforts sont requis pour construire un ensemble de données structurées à partir d'un état informationnel chaotique. Ainsi, pour assurer la cohérence informationnelle des données, des logiques spatio-temporelles et ontologiques doivent être appliquées, logiques qui valident les contraintes opérationnelles et physiques auxquelles sont soumis les OBJETS du transport adapté. » [Chapleau et al. (Gagné, 2006)]

À la base, ce sont donc les erreurs séquentielles et généralisées qui doivent faire l'objet d'une étude plus approfondie et non les erreurs d'exception uniquement décelables manuellement. Dans un premier effort de caractérisation et de détection des données manquantes, incohérentes ou extrêmes, les données doivent être explorées. L'étape de l'analyse exploratoire des données est souvent banalisée, voire omise. Or, cette étape permet de valider la structure et la justesse des données sur lesquelles repose la validité des analyses résultant des étapes de caractérisation et de modélisation subséquentes.

Si des données erronées ou manquantes sont détectées, une valeur plausible leur est imputée si possible. Leur élimination est envisagée en dernier recours, puisque ceci résulte dans une perte d'information. Néanmoins, les données incomplètes ou erronées doivent être imputées ou éliminées à l'étape de validation, afin qu'elles ne faussent pas les analyses futures et ne se propagent pas dans les étapes d'enrichissement des données subséquentes (Chapleau, Trépanier et al., 2008).

4.4.2.2 Méthodes de dérivation et d'association

Dans le cadre d'une analyse de mobilité fine, totalement désagrégée, telle que celle menée sur les comportements de déplacement de la clientèle de transport adapté, les objets bruts validés doivent ensuite être enrichis et complétés par la création de nouveaux objets.

Chapleau et Allard (2007) explicitent les relations liant les différents objets d'un système de transport adapté porte à porte :

«Les **CLIENTS** du système de transport adapté réalisent des **DÉPLACEMENTS** comportant un **Embarquement** et un **Débarquement** organisés en **TOURNÉES** et effectués à partir d'un **LIEU**, qui peut soit être le **Domicile** ou un **Générateur important**. Ce lieu est d'un type donné défini par les motifs déclarés (Atelier, Loisir, Médical, Travail, Études ou Prioritaire). [La tournée est composée d'une séquence ordonnancée d'événements, comprenant au moins un **MOUVEMENT** d'embarquement et un mouvement de débarquement. Chaque client qui y embarque doit en descendre et l'embarquement doit être effectué avant le débarquement. Pour un même client, l'événement Débarquement n'est pas obligatoirement successif à l'événement Embarquement. Des événements attribuables à d'autres clients peuvent s'intercaler entre l'embarquement et le débarquement d'un même client.] À chaque tournée sont associés un **CHAUFFEUR** et un **VÉHICULE**. Le véhicule peut être de trois types et relève de la STM (minibus spécialisé) ou de marchés privés (taxi régulier et taxi accessible) ». »

La figure qui suit illustre le cheminement permettant de dériver et d'enrichir l'information caractérisant le système de transport et le système d'activité à partir de l'exploitation des relations qui unissent les objets bruts aux autres objets du système de transport adapté. Cette étape ne doit être entreprise qu'après la validation du géocodage des tables de données initiales (voir section 5.1).

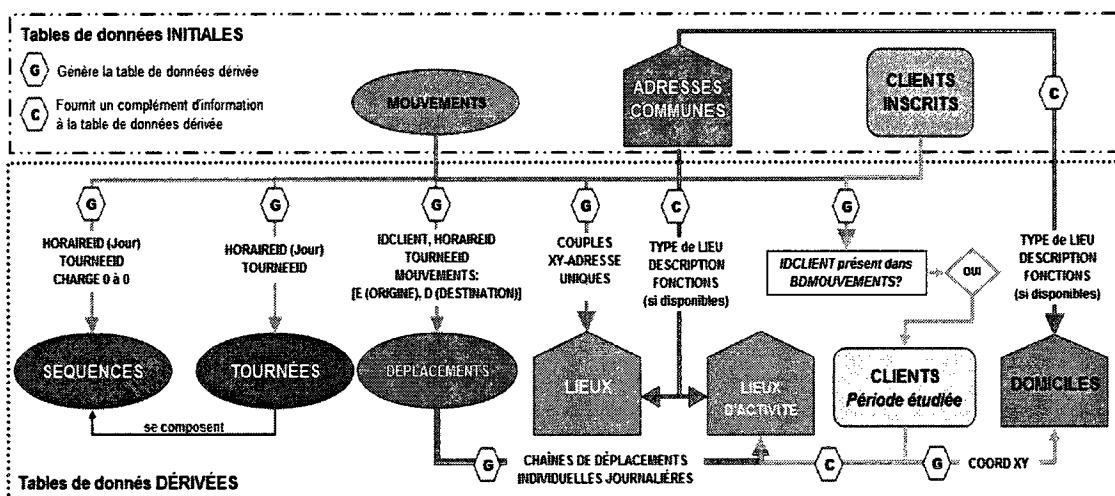


Figure 4.7 : Cheminement de dérivation et d'enrichissement de l'information

Précisions relatives aux tables de données dérivées

L'objet **Séquence** est un segment d'une tournée défini pour chaque profil de charge non nul (de 0 occupant à 0 occupant). Une séquence inclut également le kilométrage mort effectué de manière à pouvoir assurer les déplacements des occupants (voir Figure 6.29).

La table de données **Lieux** se compose de tous les couples XY-Adresse distincts répertoriés dans la table de données Mouvements. Si un même XY est répertorié plus d'une fois et ne diffère que par le numéro civique dont l'une des occurrences vaut zéro, alors cette occurrence est éliminée et le numéro civique est imputé aux enregistrements erronés. Il est également possible que certaines mêmes adresses possèdent plus d'un XY. Ces distinctions pouvant référer à plusieurs bâtiments éloignés spatialement - par exemple, sur un campus universitaire- le choix a été fait de conserver les occurrences XY multiples pour une même adresse. Évidemment, il peut aussi s'agir du même bâtiment et du même accès. Dans ce cas, le doublon informationnel ne sera pas détecté.

La table de données **Lieux d'activité** se distingue de la table de données Lieux puisqu'elle ne répertorie que les lieux ayant générés au moins une activité hors domicile. La procédure de dérivation des activités hors domicile fait l'objet de la section 5.3.

Les figures ci-dessous illustrent la structure organisationnelle des tables de données initiales *Mouvements* et *Clients* ainsi que la structure organisationnelle de deux des nouvelles tables de données, *Déplacements* et *Lieux d'activité* suite à la procédure d'enrichissement. Entre autres, cet enrichissement permettra des analyses spécifiques sur les chaînes de déplacements des clients et leurs durées d'activité. Les attributs en noir sont issus des données initiales brutes alors que les attributs en bleu (italique) ont été créés. Les attributs en vert identifient les clés primaires.

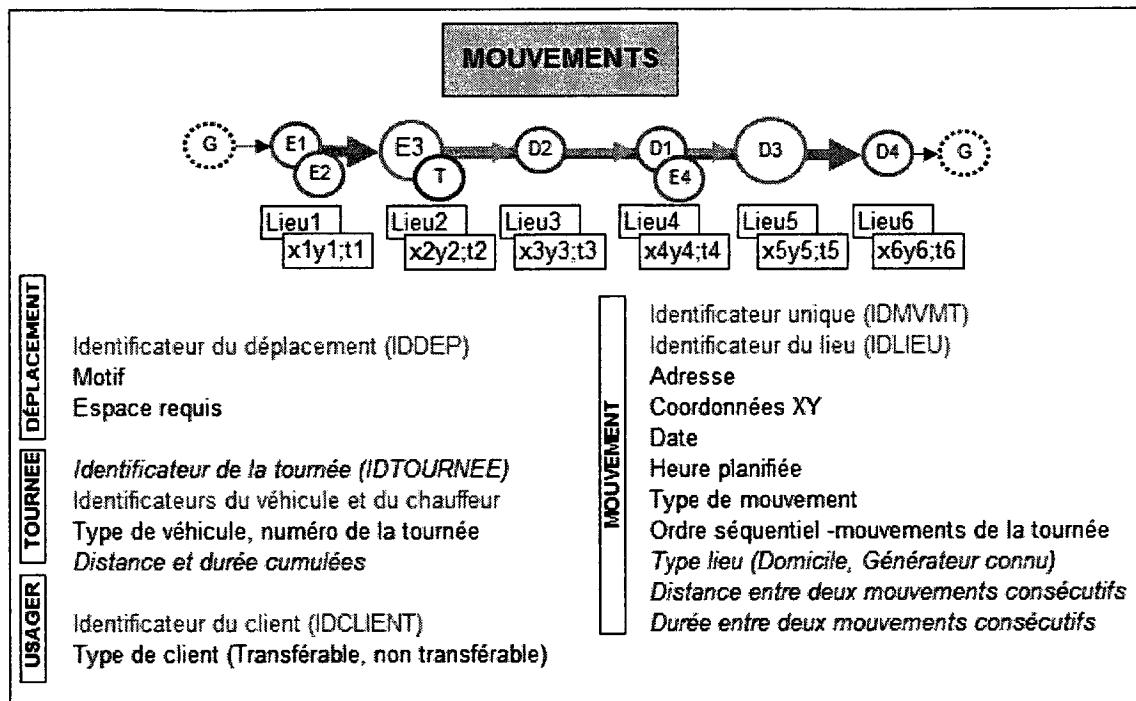


Figure 4.8 : Table de données MOUVEMENTS

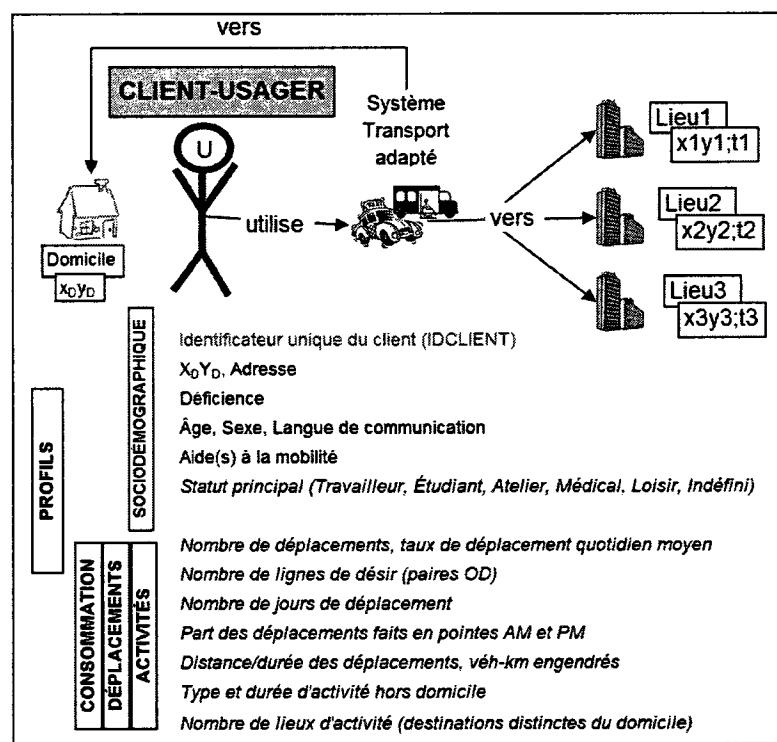


Figure 4.9 : Table de données CLIENTS

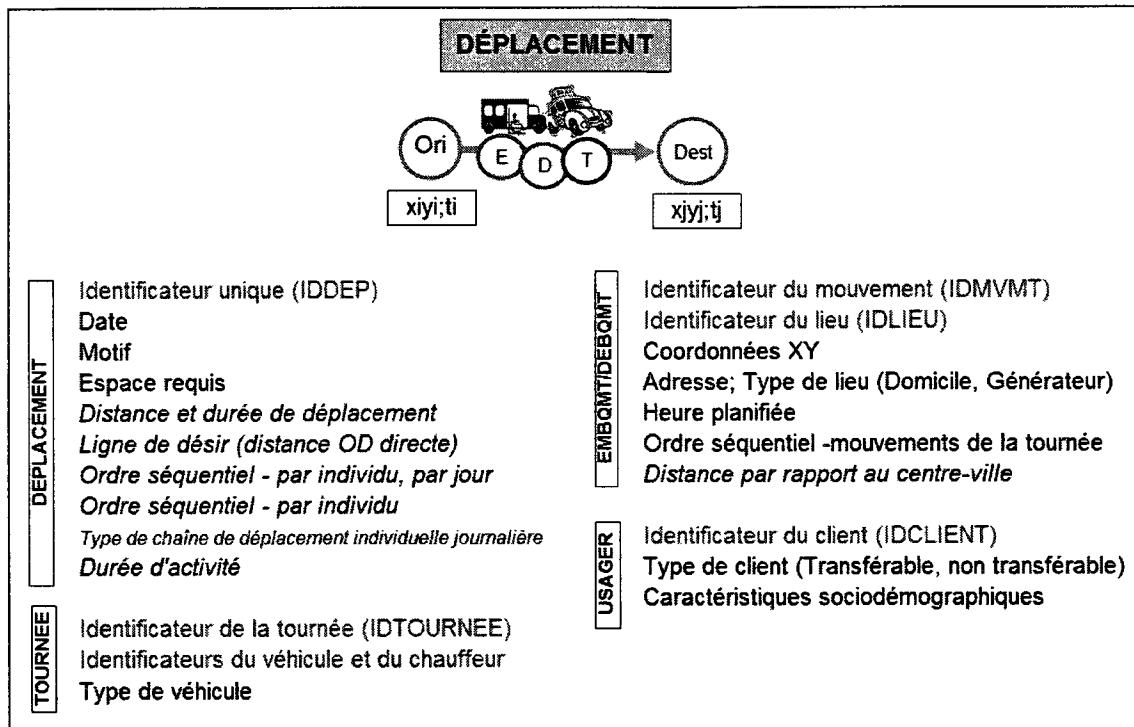


Figure 4.10 : Table de données DÉPLACEMENTS

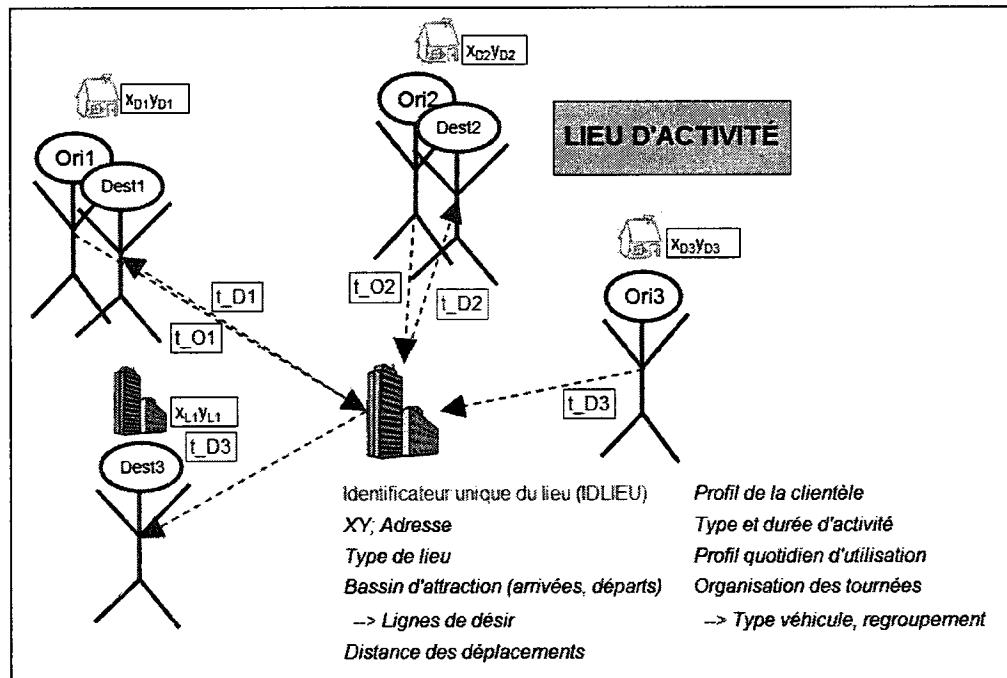


Figure 4.11 : Table de données LIEUX D'ACTIVITÉ

CHAPITRE 5: DEMANDE DE TRANSPORT ET SYSTÈME D'ACTIVITÉ : UN COUPLE INDISSOCIABLE

« Si vous voulez, cette capacité de mettre une information dans son contexte, c'est ce qui manque à notre manière d'aborder les questions. » (Morin, 2007)

À la base, le déplacement d'un individu est mû par le désir d'accéder à un lieu autre que celui où il se situe à l'origine. Une relation de coproduction unit ainsi le système de transport au système d'activité des usagers. C'est le système de transport qui permet aux individus d'accéder à leurs lieux d'activité et à leur domicile. Par ailleurs, l'emplacement de ces lieux n'est pas contraint ni régi par le système de transport : ce sont les usagers qui les choisissent. Néanmoins, dans une perspective d'offrir un service répondant le plus possible à la demande exprimée, le système de transport doit tenir compte de la localisation de ces lieux et des patrons d'activité qui en découlent. Les deux systèmes évoluent ainsi parallèlement dans le temps avec un objectif commun de satisfaire les besoins de la population. Le présent chapitre expose ainsi la méthodologie qui permettra l'étude subséquente de la clientèle et de ses comportements de mobilité dans l'espace-temps. Celle-ci se réalise essentiellement en trois temps :

- procédure de validation du géocodage des extrémités de déplacement;
- procédure de reconstruction des chaînes de déplacements individuelles;
- procédure de dérivation des activités réalisées hors domicile.

Cette validation triptyque est une étape cruciale, car la dérivation du système d'activité s'appuie sur la reconstruction des chaînes de déplacements individuelles dans l'espace-temps qui elle-même s'appuie sur le géocodage des extrémités de déplacement.

5.1 Procédure de validation du géocodage des extrémités de déplacement
La géo-localisation fine des extrémités de déplacement (origine et destination) a débuté en 1987 alors que le module de validation de MADITUC codait au niveau du code

postal. Auparavant, les données d'enquêtes OD montréalaises étaient codées selon un découpage territorial agrégé d'environ 1500 zones (Piché, 2005). Aujourd'hui, conformément à l'approche informationnelle totalement désagrégée, chacune des extrémités est spatialement localisée par une paire de coordonnées XY en fonction du système de référence précisé (UTM, MTM, Longitude/Latitude). Ces coordonnées sont dérivées du niveau d'information le plus fin disponible concernant la spatialité du lieu associé à l'extrémité de déplacement : rue, code postal, adresse civique, nom du générateur, etc. Il faut être conscient de l'exactitude et de la précision associés aux coordonnées XY attribuées au lieu lors de son géocodage, car les méthodes géométriques appliquées subséquemment à l'objet seront influencées par cet aspect. Un lieu géo-localisé à partir de son adresse civique n'aura pas la même précision qu'un lieu géo-localisé à partir de son code postal, du centroïde de sa municipalité ou du centroïde de sa province.

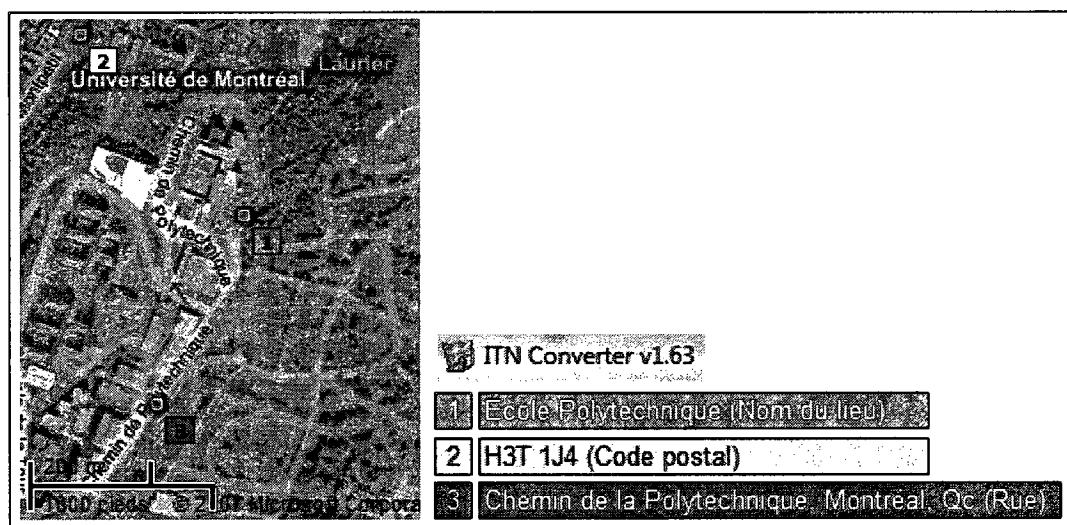


Figure 5.1 : Précision du géocodage

L'exercice de géocodage est souvent pénible en raison d'une systématisation déficiente dans la dénomination des lieux qui se retrouvent codés sous de multiples formes. Chapleau (2000) répertorie les types d'erreurs fréquemment rencontrés :

- données mal orthographiées;
- alias : même location à laquelle on réfère différemment;
- inconsistance dans une séquence typologique;
- suppression d'espace;
- insertions de caractères spéciaux;
- présence de préfixe;
- présence du type de rue;
- multiples conventions de dénominations : tirets, saint, rues contenant des nombres, etc.

Bien que cette problématique ait été mise en lumière à partir des données du transport adapté datant de 1997, elle est toujours présente dans les données de 2007.

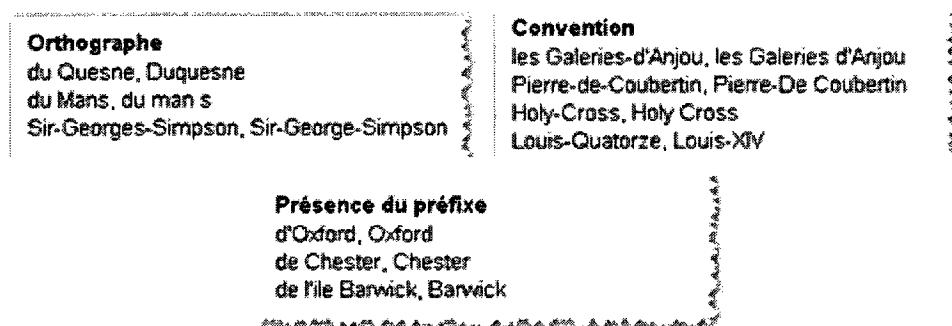


Figure 5.2 : Erreurs de codification toponymique observées dans les données du transport adapté

Néanmoins, par l'application d'une procédure de standardisation des adresses (telle que celle développée par le groupe MADITUC), les données faisant l'objet de cette étude ont pu être géocodées. Cette opération a été réalisée préalablement à la réception des tables de données initiales. Néanmoins, malgré le géocodage préalable des données brutes initiales, un problème d'intégrité référentielle persistait entre les trois tables de données. Effectivement, un même lieu répertorié dans plus d'une table de données ne possédait pas toujours les mêmes coordonnées XY ou la même adresse. Ce phénomène est probablement dû à des mises à jour distinctes des géo-références pour chacune des tables de données.

Face à ce constat, l'uniformisation des coordonnées spatiales est primordiale dans la mesure où plusieurs analyses se basent sur le géo-référencement : identification des

mouvements basés sur le domicile, caractérisation des générateurs, dérivation des chaînes de déplacements, etc. L'hypothèse a été émise que les coordonnées XY fournies par la table de données *Mouvements* étaient les plus fiables étant donné que ce fichier de données sert à la réalisation des opérations quotidiennes alors que les tables de données concernant les clients ainsi que les lieux publics agissent davantage à titre de référence. Ainsi, afin d'uniformiser le géo-référencement des trois tables de données, les enregistrements des tables de données *Clients* et *Adresses Communes* ont successivement été comparés à ceux de la table de données *Mouvements*. Certains types d'erreurs systématiques ont pu être découverts et corrigés.

L'annexe A explicite la procédure permettant de détecter les erreurs systématiques entre le géo-référencement des tables de données *Mouvements* et *Clients*. Plus de 15% des données nécessitent d'être corrigées afin d'assurer l'intégrité spatiale des mouvements basés sur le domicile. Évidemment, certaines incompatibilités peuvent ne pas être détectées si une même donnée est entachée d'erreurs autant en ce qui concerne les logiques dénominatives (erreurs multiples dans l'adresse civique – numéro, dénomination, municipalité) que spatiales (coordonnées XY distinctes).

Pour un faible pourcentage des données contenues dans les tables de données *Mouvements* et *Clients* (moins de 0.1%), quelques violations de l'intégrité spatiale sont également observables au sein de la table de données elle-même. Ainsi, certains lieux possèdent les mêmes coordonnées XY, mais une adresse civique distincte. Ces lieux sont habituellement spatialement très près l'un de l'autre.

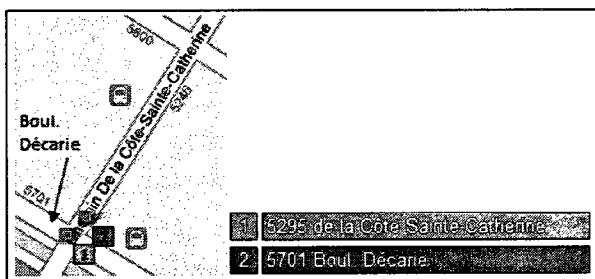


Figure 5.3 : Lieux spatialement distincts possédant les mêmes coordonnées XY

Certains lieux possèdent également la même adresse civique, mais des coordonnées XY distinctes. Ceci est principalement causé par deux phénomènes :

- Dans les tables de données, la dénomination civique du lieu ne précise pas la direction (Est/Ouest, Nord/Sud). Or, plusieurs rues à Montréal sont orientées, ce qui explique deux paires de coordonnées distinctes pour une même adresse.
- La table de données Clients semble avoir subie au moins deux géocodages distincts, puisque certains clients habitant à la même adresse possèdent des coordonnées XY distinctes, bien que très similaires. La série d'IDCLIENT 8XXXX semble avoir été codifiée indépendamment des autres séries. Les coordonnées peuvent facilement être uniformisées. La procédure de géocodage présentée à l'annexe A doit néanmoins être réalisée antérieurement.

Tableau 5.1 : Géocodages multiples pour une même adresse civique

NO_CIV	RUE	MUNIC	COORDX	COORDY	CLIENT
25	Vincent-d'Indy	Outremont	295865	5041251	83607
			295869	5041250	58939 68106
35	Brunswick	Dollard-des-Ormeaux	282155	5038519	64342 68706
			282171	5038529	81517

5.1.1 Validation de l'intégrité référentielle de la table de données Adresses communes

Une procédure similaire à celle présentée à l'annexe A peut être appliquée entre les tables de données *Mouvements* et *Adresses Communes*. Sur 780 enregistrements bruts géocodés dans la table de données *Adresses Communes*, 362 sont ainsi identifiés dans la table de données *Mouvements*: 134 lieux sont géocodés identiquement dans les deux tables de données, mais 228 lieux diffèrent soit par l'adresse civique, soit par les coordonnées XY. 29.2% des enregistrements présents dans la table de données *Adresses Communes* nécessitent donc d'être corrigés afin d'assurer l'intégrité spatiale référentielle entre les deux tables de données.

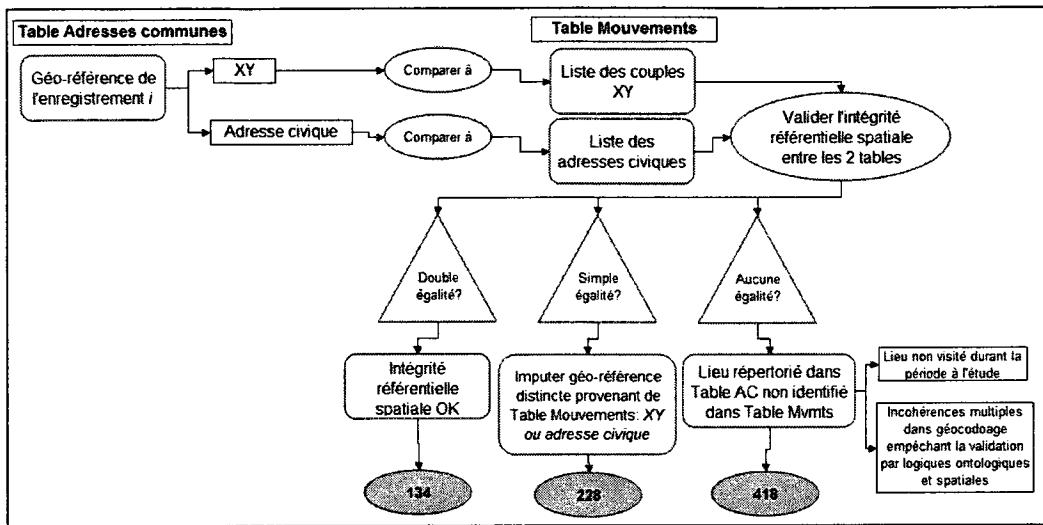


Figure 5.4 : Procédure de validation de l'intégrité référentielle -table de données Adresses communes

L'intégrité référentielle de la table de données *Adresses communes* est également corrompue à l'interne. Effectivement, selon le dictionnaire des attributs associés à la table de données, l'attribut **CODE_LIEU** doit identifier de manière unique chaque lieu. Or, certains lieux spatialement distincts possèdent le même **CODE_LIEU** (voir Figure 5.5a). De plus, la table de données a été structurée en basant l'unicité des lieux non pas sur la spatialité, mais bien sur l'utilisation du lieu, identifiée par les attributs **TYPE_LIEU** (type de lieu) et **DESCRIP** (descriptif du lieu). Ainsi, certains lieux spatialement identiques, soit par leurs coordonnées XY, soit par leur adresse civique (voir Figure 5.5b, c) possèdent plusieurs enregistrements. Certains lieux en réalité spatialement distincts se sont également vus attribuer les mêmes coordonnées XY (voir Figure 5.5d). Ceci est dû au niveau de résolution de l'adresse, dont uniquement la rue est précisée (aucun numéro civique). La non-standardisation et la non-validation des dénominations, saisies manuellement, introduisent elles aussi des doublons (voir Figure 5.5e).

IDGE	CODE_LIEU	DESCRIP	NO	RUE	MUNIC	CODEP	TYPE_LIEU	XCOORD	YCOORD
244	CAVALIA	chapiteau cavalia	1325	Carrie-Derick	Montreal		EVEN	301731	5037934
391	cavalia	chapiteau cavalia	2800	Du Cosmodome	Chomedey		EVEN	285767	5047340

(a) Même code_lieu, XY distincts, même description, adresses distinctes

IDGE	CODE_LIEU	DESCRIP	NO	RUE	MUNIC	CODEP	TYPE_LIEU	XCOORD	YCOORD
160	CEGEPSLT	cegep st-laurent pavillon D	625	Sainte-Croix	Saint-Laurent	CEGEP	291215	5041413	
161	cegepslt	cegep saint laurent pavillon F	625	Sainte-Croix	Saint-Laurent	CEGEP	291215	5041413	

(b) Même code_lieu, mêmes XY, Description distincte (2 pavillons), même adresse

CODE_LIEU	DESCRIP	NO_CIV	RUE	MUNIC	TYPE_LIEU	XCOORD	YCOORD
CEGEPLAU	cegep andre-laurendeau	1111	Lapierre	Lasalle	CEGEP	296630	5032794
CROMLAPI	crom/atl/lapierre	1111	Lapierre	Lasalle	ARDI	296634	5032791

(c) Code_lieu distincts, XY distincts, Description distincte (école et atelier), même adresse

IDGE	CODE_LIEU	DESCRIP	NO	RUE	MUNIC	CODEP	TYPE_LIEU	XCOORD	YCOORD
19	BIOSPHER	biosphère	0	McDonald (de-Sainte-Hélène)	Montreal		MUSEE	302078	5042112
20	FETESGOU	fêtes gourmandes	0	McDonald (de-Sainte-Hélène)	Montreal		EVEN	302078	5042112
21	GRANDPRI	grand prix	0	McDonald (de-Sainte-Hélène)	Montreal		EVEN	302078	5042112

(d) Code_lieu distincts, mêmes XY, Description distincte, même adresse

CODE_LIEU	DESCRIP	NO_CIV	RUE	MUNIC	TYPE_LIEU	XCOORD	YCOORD
CINEMEGA	CINeMA GUZZO MeGA-PLEX	901	Cremazie	Montreal	CINEMA	293188	5043551
CINEMC	Marche Central Mega Plex (Guzzo)	901	Cremazie	Montreal	CINEMA	293203	5043545

(e) Code_lieu distincts, XY distincts, Description distincte (Dénomination non standard), même adresse

Figure 5.5 : Types de doublons – Table de données Adresses communes

Si cette formulation a l'avantage de fournir une information davantage désagrégée sur la description du lieu visité, il demeure que l'intégrité de toute table de données se fonde sur le principe d'unicité. Dans une perspective d'analyse spatiotemporelle, l'unicité spatiale prédomine sur l'unicité fonctionnelle. Le choix a donc été fait de restructurer la table de données *Adresses Communes* en se basant uniquement sur la géo-référence, soit l'ensemble des couples x-y uniques (13% des enregistrements sont des doublons x-y). Les différentes fonctions/utilisations et descriptions de chaque générateur sont répertoriées dans un attribut distinct afin de conserver la richesse de l'information.

Table Adresses communes BRUTE										
CODE	LIEU	XCOORD	YCOORD	NO	CIV	RUE	MUNIC	TYPE	LIEU	DESCRIP
BIDOME		300556	5047266	3200		Viau	Montreal	MUSEE		biodome
FUNICULA		300556	5047266	3200		Viau	Montreal	LOISIRS		funiculaire de Montreal
PISCOLYM		300556	5047266	3200		Viau	Montreal	LOISIRS		piscine olympique

VALIDATION: intégrité référentielle spatiale Table Mouvements <-> Table Adresses communes										
CODE	LIEU	XCOORD	YCOORD	NO	CIV	RUE	MUNIC	TYPE	LIEU	DESCRIP
BIDOME		300558	5047265	3200						biodome
FUNICULA		300558	5047265							funiculaire de Montreal
PISCOLYM		300558	5047265	3200						piscine olympique

VALIDATION: intégrité référentielle spatiale interne --> Table Adresses communes										
XCOORD	YCOORD	NO	CIV	RUE	MUNIC	TYPE	LIEU	DESCRIP		
300558	5047265	3200		Viau	Montreal	MUSEE LOISIRS		biodome * funiculaire de Montreal * piscine olympique		

Figure 5.6 : Procédure de validation de la table de données Adresses communes - Exemple

Ce n'est qu'une fois l'information spatiale contenue dans les tables de données formant le système d'information initial standardisée que d'autres tables de données peuvent être créées (Déplacements, Lieux, Lieux d'activité, Tournées, etc.) et de nouveaux attributs spatiaux, dérivés (distances, chaînes de déplacements, etc.).

5.2 Procédure de reconstruction des chaînes de déplacements individuelles

5.2.1 Géographie temporelle

Hägerstrand (1970) a été le premier à se préoccuper des contraintes qui limitent les opportunités d'activité. Il a établi trois types de contraintes:

- Contraintes de couplage : Elles requièrent la présence simultanée d'une autre ressource (matérielle ou humaine) pour être en mesure de réaliser l'activité. Les usagers du transport adapté subissent une contrainte de couplage liée à la disponibilité du service.
- Contraintes d'autorité : Elles font référence à des restrictions imposées par des institutions. Par exemple, le service de transport adapté doit tenir compte des heures d'ouverture et de fermeture des lieux où les usagers réalisent leurs activités.
- Contraintes opérationnelles ou de capacité : Elles sont imposées par les limites naturelles ou technologiques. Par exemple, la majorité des individus doivent

retournés à leur domicile le soir afin de se reposer. Pour les usagers du transport adapté, leur limitation de mobilité est une contrainte opérationnelle.

Pour Hägerstrand (1970), il était primordial que nous saisissions mieux ce que cela signifiait pour une localisation d'avoir non seulement des coordonnées spatiales, mais des coordonnées temporelles. Effectivement, se déplacer pour réaliser une activité n'est pas qu'une question d'espace ou qu'une question de temps. C'est une question d'espace-temps où les deux dimensions sont indissociables.

Le concept de chaîne de déplacements formule cette nuance. Une chaîne de déplacements individuelle correspond à la séquence temporellement ordonnée des différents déplacements réalisés dans l'espace par un individu *i* un jour *j*. Dans le cadre de cette étude, la chaîne de déplacements est dite :

- Bouclée : Le premier lieu d'origine est le même que le dernier lieu de destination (correspond fréquemment au domicile ou à un point d'ancrage récurrent).
- Linéaire : Le premier lieu d'origine ne correspond pas au dernier lieu de destination.
- Incomplète : À au moins une reprise dans la chaîne, l'origine du lieu engendrant le déplacement *n*+1 ne correspond pas à la destination du lieu ayant engendré le déplacement *n*. L'individu s'est donc déplacé par l'entremise d'un autre mode que le transport adapté entre les deux lieux.
- Multiple : Un individu réalise une chaîne de déplacements multiple s'il effectue au moins un deuxième déplacement dont l'origine est identique à l'origine de son premier déplacement le même jour.

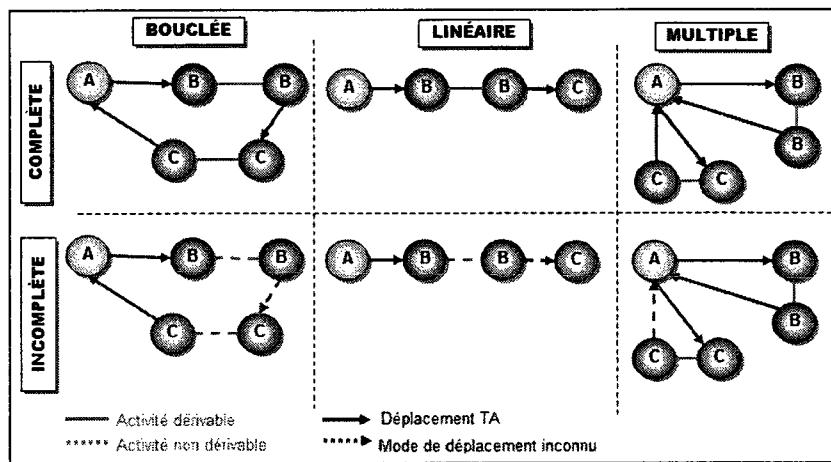


Figure 5.7 : Types de chaînes de déplacements individuelles journalières

5.2.2 Méthodologie et faits saillants

La procédure de reconstruction des chaînes de déplacements individuelles journalières est simple. En se basant sur l'objet DÉPLACEMENTS effectués durant la période à l'étude, il suffit de trier ces derniers par ordre croissant de CLIENT-JOUR-HEURE. L'analyse des chaînes de déplacements individuelles quotidiennes pour la période du 5 au 8 novembre 2007 (13155) permet de relever que les usagers du transport adapté réalisent des chaînes de déplacements assez prévisibles:

- 91.7% sont bouclées (première origine de la journée est la dernière destination);
- 87.3% sont composées strictement de deux déplacements;
- 72.5% ont pour origine le domicile;
- 70.7% ont pour destination le domicile;
- 95.8% ont pour origine le domicile ou le point d'ancrage journalier;
- 93.9% ont pour destination le domicile ou le point d'ancrage journalier;
- 1.5% sont incomplètes;
- 2.4% sont multiples.

Les chaînes de déplacements incomplètes ou non caractérisables étant très peu nombreuses, ceci semble confirmer la captivité des usagers du transport adapté envers ce mode afin de satisfaire leurs besoins de mobilité.

5.3 Procédure de dérivation des activités réalisées hors domicile

Afin de dériver l'information concernant les activités réalisées hors domicile, il suffit de valider la relation logique suivante : si la destination du déplacement à l'étude correspond à l'origine du déplacement subséquent –pour un même INDIVIDU-JOUR dont la chaîne de déplacements a été préalablement ordonnée temporellement-, alors une activité a été réalisée et une durée d'activité peut être dérivée. Tel que l'illustre la Figure 5.8, 7% des clients actifs n'ont pu se voir attribuer aucune activité dérivée ce qui correspond à 2.6% des déplacements consommés durant la période à l'étude.

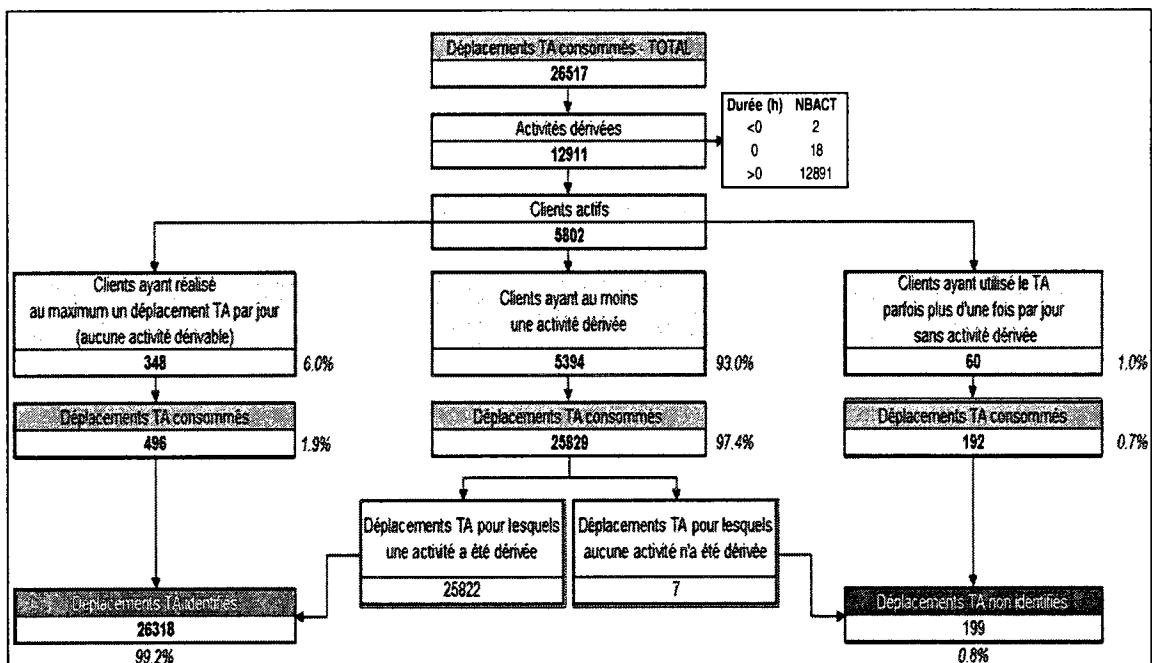


Figure 5.8 : Décomposition hiérarchique des déplacements consommés en fonction des activités dérivées et des clients actifs durant la période étudiée

Pour 6% des clients actifs (1.9% des déplacements), l'incapacité à dériver quelque activité que ce soit durant l'ensemble de la période étudiée est due au fait que ces

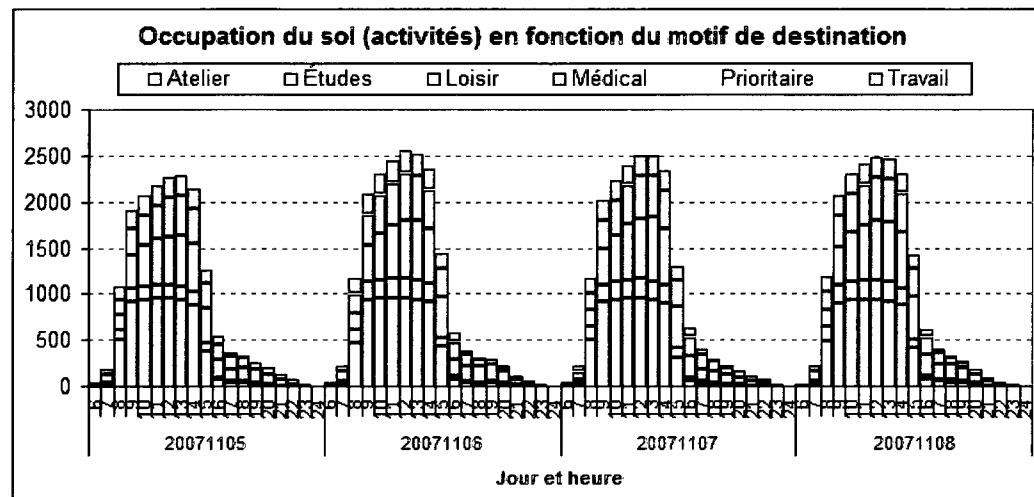
usagers ont strictement utilisé le transport adapté pour réaliser un déplacement par jour au maximum. Or, pour être en mesure de dériver les caractéristiques de l'activité, une information concernant à la fois le déplacement '*arrivée*' et le déplacement '*départ*' doit être disponible. Pour le 1% des clients s'étant parfois déplacé plus d'une fois par jour (0.7% des déplacements) ainsi que pour les sept déplacements non associés à aucune activité, trois causes principales peuvent expliquer l'incapacité à dériver l'activité:

- L'individu est arrivé et est parti d'un même lieu en transport adapté, mais il a utilisé deux accès distincts dont la géolocalisation XY répertoriée dans les tables de données est également distincte.
- L'individu est arrivé en transport adapté en un lieu, mais a effectué un court déplacement vers un lieu à proximité et est reparti, toujours par le service de transport adapté, à partir de ce second lieu.
- L'individu est arrivé/parti du lieu en transport adapté, mais il est reparti/arrivé par l'entremise d'un autre mode. Étant donné que les données initiales ne font état que des déplacements réalisés en transport adapté, la chaîne de déplacements apparaît incomplète.

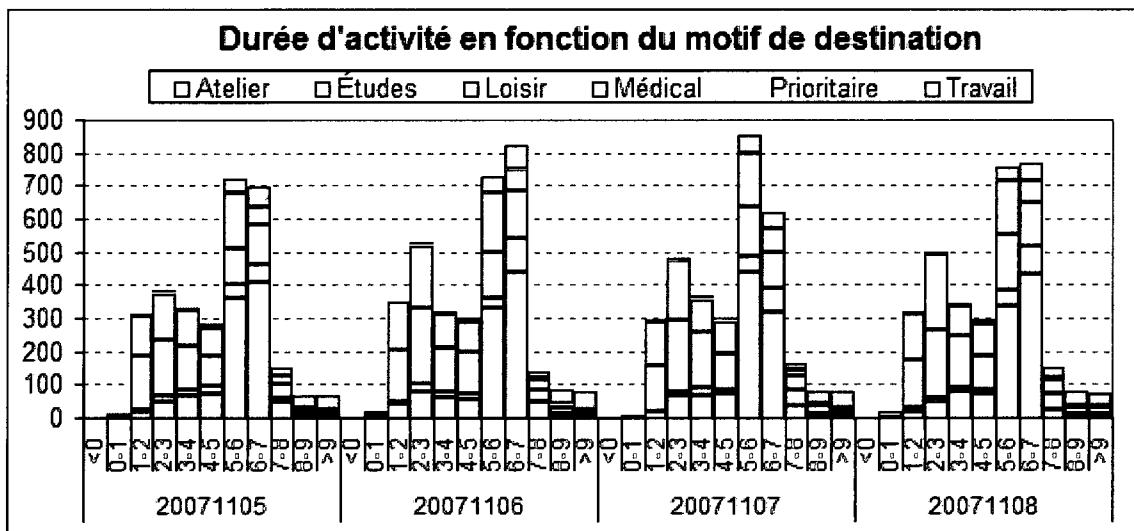
Le Tableau 5.2 et la Figure 5.9 caractérisent sommairement les activités réalisées hors domicile. Ainsi, il peut être observé que le lundi génère légèrement moins d'activités que les autres jours (constat à valider sur plusieurs semaines). Également peu de lieux génèrent quotidiennement un grand nombre d'activités. Quant aux différents marchés, ils sont relativement similaires d'un jour à l'autre : les activités fixes (ateliers, travail, études) sont réalisées entre 8h et 16h avec une durée majoritairement plus grande que 5h; les activités flexibles (loisirs et médical) représentent la majorité des activités de courte durée (4h et moins) ainsi que la majorité des activités réalisées après 16h.

Tableau 5.2 : Nombre d'activités quotidiennes en chaque lieu

	L	M	M	J	Total	Moyenne	Ecart type	CV
	20071105	20071106	20071107	20071108				
Nombre d'activités	3019	3358	3234	3300	12911	3228	148	4.6%
Nombre de lieux d'activités	735	843	841	829	1658	812	52	6.4%
Lieux générant moins de 10 activités quotidiennement	89.0%	89.7%	90.1%	89.6%				
Lieux générant plus de 24 activités quotidiennement	2.2%	2.3%	2.0%	2.7%				



(a)



(b)

Figure 5.9 : Portrait temporel des activités en fonction du motif (a) Occupation du sol (b) Durée

CHAPITRE 6: CARACTÉRISATION OBJECTIVE DES COMPORTEMENTS DE MOBILITÉ EN TRANSPORT ADAPTÉ

« *Everything depends on everything else, but closer things more so.* » (Loi de Tobler)

Toute analyse d'un système de transport doit tenir compte du lien étroit existant entre trois dimensions de changement - changement dans la demande, dans les technologies et dans les valeurs (Manheim, 1979). La section 2.2 a illustré l'impact du système de valeurs sur le système de transport adapté alors que la section 3.1.5 a montré l'importance du rôle des outils technologiques dans l'analyse et l'optimisation d'un système de transport. Ce chapitre s'attarde à la troisième dimension de changement : la demande.

Plusieurs estiment que le vieillissement de la population (Fu et al., 2007; Lave & Mathias, 2000; Menninger-Mayeda et al., 2007; Schmöcker et al., 2005) ainsi que l'accroissement du nombre d'activités des personnes souffrant d'un handicap (Lave & Mathias, 2000) auront un effet certain sur l'accroissement de la demande des services de transport à la demande dans un avenir très rapproché. De plus, bien que certains individus ayant un handicap ou un problème de santé limitant leur mobilité soient en mesure de satisfaire leurs besoins essentiels en transport parce qu'ils bénéficient d'un ou plusieurs réseaux de support [tels qu'un proche ou une connaissance ayant un permis de conduire, des enfants vivant à proximité, un domicile situé dans un quartier bien desservi par des options de transport pour les non conducteurs, etc.], plusieurs demeurent captifs du système de transport adapté (Alsnih & Hensher, 2003; Bakker & Van Hal, 2007).

Si plusieurs se sont intéressés à la caractérisation des déplacements faits par les personnes handicapées et par les personnes âgées, peu de recherches ont porté directement sur la caractérisation de la demande des usagers des services de transport adapté (Bearse, Gurmu et al., 2004). Or, déjà en 1990 (Vaziri, Hutchinson et al.), il

apparaissait que la compréhension des facteurs expliquant les variations spatiales et temporelles dans la demande de transport adapté était primordiale à l'établissement des fondements opérationnels d'un tel service. Il est certain que le nombre important de variables hors du contrôle du processus décisionnel de l'organisme de transport en charge telles que la densité de la demande, les distributions spatiale et temporelle de la demande et la longueur moyenne d'un déplacement complexifient la quantification de la performance d'un système de transport adapté (Fu, Yang et al., 2007). Par contre, si l'organisme connaît bien la portée de chacune de ces variables externes, il peut intervenir sur d'autres variables telles que les politiques de service (fenêtre d'embarquement, type de service), la mixité de la flotte ou la formation des chauffeurs. Burkhardt et Kerschner (2007) ont trouvé que les services de transport à la demande les plus efficaces étaient ceux conçus de manière à répondre en premier lieu aux besoins locaux individuels de leur communauté. De là l'importance de caractériser complètement la demande.

Dans le cadre de cette étude, la caractérisation spatiotemporelle de la demande se fait donc avec l'objectif de rapprocher l'offre de la demande, non pas nécessairement dans une perspective économique, mais dans une perspective de bien desservir la clientèle et de véritablement répondre à leurs besoins.

6.1 Contributions de sources de données externes

Les données de transport adapté sont des données spatiales, c'est-à-dire que ce sont des données géo-référencées qui incluent les trois dimensions que sont le temps, l'espace et la sémantique référant respectivement au « où-quand-quoi » (Fexpe, Windholz et al., 2003). Cette nature triple des données permet de mettre à contribution d'autres sources de données spatialement ou temporellement référencées afin d'enrichir la caractérisation totalement désagrégée de la demande de transport adapté. Effectivement, les sources de données externes permettent d'intégrer des références dimensionnelles pertinentes à l'étude de la problématique qui ne sont pas du tout ou pas entièrement définies par les

données de base telles que le profil socio-économico-démographique des usagers, la localisation de lieux-générateurs ou les conditions météorologiques.

6.1.1 Données de recensement

Entre autres, les données de recensement permettent de dresser un portrait comparatif des similarités et différences socio-économico-démographiques existant entre les usagers du transport adapté et l'ensemble de la population montréalaise. Ces données demeurent spatialement agrégées en zones, mais leur niveau de découpage est beaucoup plus fin que celui d'enquêtes telles que l'EPLA, dont la zone la plus fine est la province.

Dans une enquête telle que le recensement canadien, l'aire de diffusion constitue la plus petite région géographique normalisée pour laquelle toutes les données de recensement sont diffusées. Chaque aire de diffusion compte habituellement entre 400 et 700 personnes. Cette norme assure un degré satisfaisant d'anonymat ce qui évite la suppression de données. Néanmoins, afin d'assurer une certaine cohérence entre les différentes sources de données géographiques, ce nombre peut être moindre, supérieur ou nul.

Lors de toute analyse statistique effectuée à partir des données de recensement, il faut être conscient des limitations suivantes, surtout lorsque les données sont observées au niveau des aires de diffusion :

- Les recensements ont lieu tous les cinq ans. Il y a donc un certain décalage spatiotemporel par rapport aux données du recensement (dernier en 2006) et les données étudiées (ici, 2007) dû aux effets de migration (emménagements/déménagements) et de fluctuation naturelle (naissances/décès).
- Certaines variables sont quantifiées à partir des données intégrales (100%), alors que d'autres ne le sont qu'à partir d'un échantillon de 20% de la population.
- Afin de protéger le caractère confidentiel des renseignements fournis, les chiffres apparaissant dans les tableaux –y compris les totaux et les marges- font l'objet d'un

arrondissement aléatoire vers le haut ou vers le bas jusqu'à un multiple de 5 ou de 10. Une plus grande distorsion est associée aux données analysées au niveau des aires de diffusion étant donnée la faible population présente dans chacune de ces zones. Toute segmentation supplémentaire d'une variable –par exemple, une catégorisation par âge et par sexe- vient également ajouter à l'incertitude concernant la représentativité du chiffre présenté. Lorsque cela est possible, l'utilisation des totaux et des sous-totaux fournis est à privilégier à toute sommation manuelle.

Ainsi, les données de recensement enrichissent l'information sans pour autant posséder le pouvoir de discrétisation propre aux données individuelles totalement désagrégées. La Figure 6.1 illustre la procédure d'extraction des données de recensement à partir du site du CREPUQ. Cette procédure dynamique contient des hyperliens vers différentes ressources d'aide : images, url, présentation power point, fichiers pdf, etc.

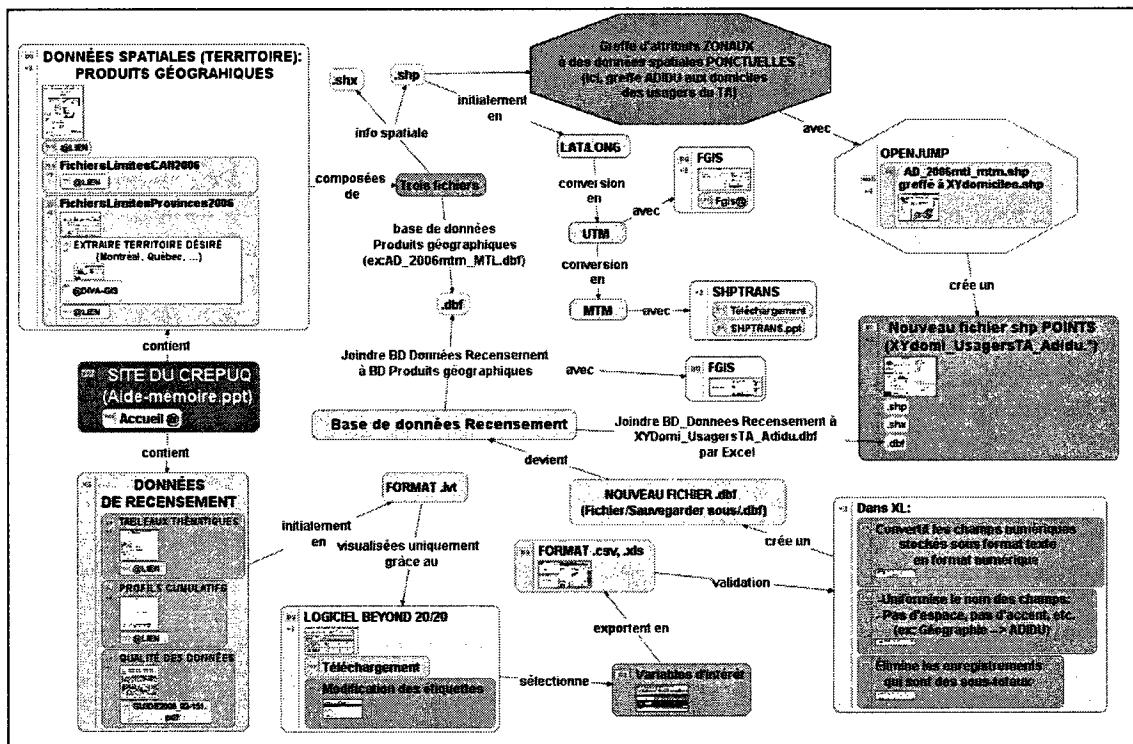


Figure 6.1: Procédure interactive et dynamique d'extraction des données de recensement à partir du site du CREPUQ (réalisée avec le logiciel VUE)

6.2 Profilage socio-économico-démographique

Les données opérationnelles de transport adapté répertorient certains attributs sociodémographiques individuels tels que l'âge, le sexe et la langue de communication. Par contre, elles ne fournissent aucune information sur le niveau d'éducation, l'ethnicité, la composition du ménage. Or, ces variables sont également susceptibles de posséder un pouvoir discriminant en ce qui a trait au portrait de la clientèle du transport adapté. L'objectif ici est donc de déterminer sous quels aspects socio-économico-démographiques les individus utilisant le transport adapté se distinguent ou s'apparentent à la population totale avec laquelle ils cohabitent.

Afin de comparer le profil usager au profil des habitants montréalais, l'usager se voit allouer la valeur de l'attribut correspondant à l'aire de diffusion où se situe son domicile à partir des données du recensement canadien 2006 (voir Figure 6.1

). Cette « greffe » d'attributs censitaires permet d'établir certaines tendances agrégées concernant le profil socio-économico-démographique des usagers du transport adapté sans pour autant permettre de statuer avec certitude sur le profil individuel étant données les limitations d'une telle greffe en ce qui a trait à la significativité statistique (voir section 6.1.1). Néanmoins, après comparaison des deux populations, certains faits saillants ressortent.

Tableau 6.1: Caractérisation des données de recensement utilisées

Variable analysée	Échantillon Recensement 2006	Niveau d'agrégation des données AD utilisées	Usagers TA - 5@8 nov 2007	Usagers TA dont l'aire de diffusion n'est pas quantifiée pour la variable étudiée
Population totale selon le sexe et les groupes d'âge	100% - Données intégrales	Sous-totaux AD fournis pour l'ensemble de l'île de Montréal	5905	0
Population totale selon la première langue officielle parlée	20% - Données d'échantillon	Chiffre fourni pour chaque AD greffé à l'usager TA en fonction de son lieu de domicile	5905	1.2%
Population totale de 25 à 64 ans selon le plus haut certificat, diplôme ou grade	20% - Données d'échantillon	idem	3207	1.5%
Revenu total moyen et médian en 2005 de la population de 15 ans et plus: par groupes d'âge et sexe	20% - Données d'échantillon	idem	5857	voir Tableau 6.2
Nombre total de ménages privés selon la taille du ménage	100% - Données intégrales	idem	5905	1.5%
Nombre moyen de personnes dans les ménages privés	100% - Données intégrales	idem	5905	1.5%

6.2.1 Langue déclarée

La localisation des domiciles des usagers du transport adapté respecte la tendance globale observable au sein de la population montréalaise selon laquelle les francophones habitent davantage dans l'est de l'île et les anglophones, dans l'ouest.

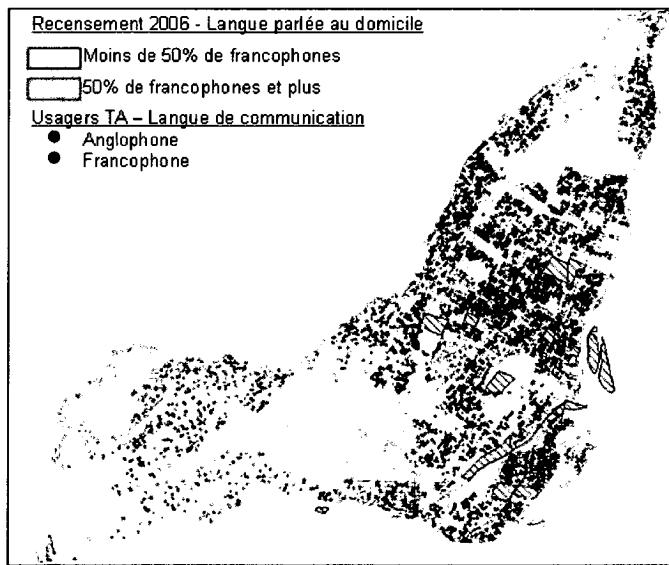
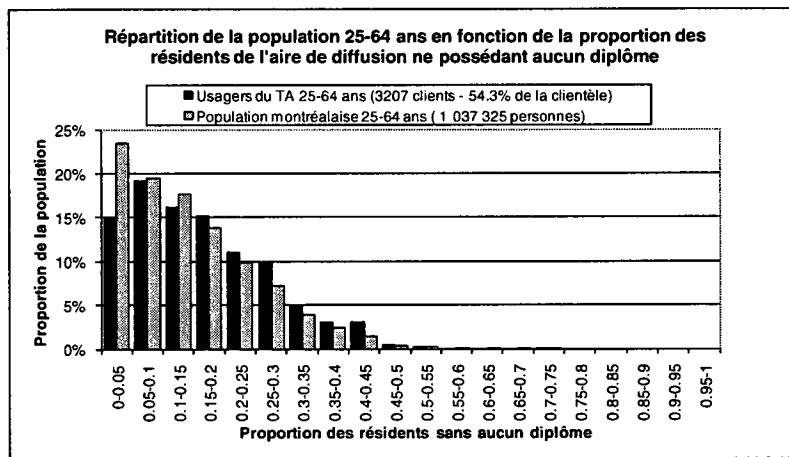


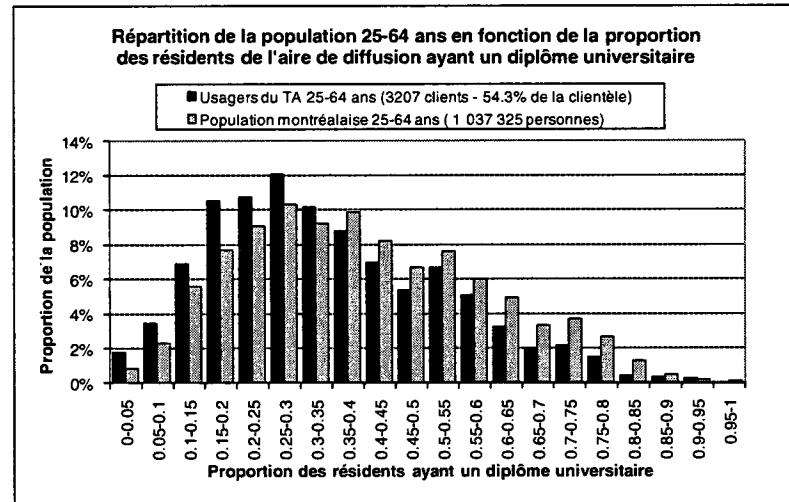
Figure 6.2 : Langue de communication

6.2.2 Niveau d'éducation

Les usagers du transport adapté habitent davantage dans des zones où la proportion de résidents sans aucun diplôme est plus élevée et dans des zones où la proportion de résidents avec un diplôme universitaire est moins élevée.



(a)



(b)

Figure 6.3 : Proportion de résidents (a) sans diplôme (b) ayant un diplôme universitaire

6.2.3 Revenus

Le recensement canadien fait état de données concernant le revenu pour les individus âgés de 15 ans et plus. Ces données étaient disponibles en fonction de la segmentation sexe/cohorte d'âge/aire de diffusion. Néanmoins, l'information était non disponible pour 7.1% des usagers du transport adapté, la cohorte des 15-24 ans étant celle pour laquelle l'information était la plus incomplète (voir Tableau 6.2).

Tableau 6.2: Données de revenus manquantes

Attribution d'un revenu moyen (2005) aux usagers du transport adapté en fonction de l'aire de diffusion de leur domicile, de leur âge et de leur sexe - Données du recensement 2006

	Âge	NB Usagers	Données manquantes
Femmes	15-24 ans	119	29.3%
	25-44 ans	640	2.7%
	45-64 ans	1099	2.5%
	Plus de 65 ans	1627	6.5%
Hommes	15-24 ans	159	62.2%
	25-44 ans	645	3.9%
	45-64 ans	823	2.5%
	Plus de 65 ans	745	17.5%
		5857	7.1%

En moyenne, la population montréalaise de plus de 15 ans gagne un revenu de 32 946\$ avec une médiane se situant à 22 212\$. La Figure 6.4 met en lumière le lien qui unit la concentration de domiciles de la clientèle du transport adapté et les secteurs où les revenus individuels moyens sont moindres. Cette tendance semble confirmer que la population handicapée est plus pauvre que la population globale. L'étude sur les besoins et la satisfaction de la clientèle (Ministère des Transports du Québec, 2006) révélait d'ailleurs que le revenu moyen des usagers du transport adapté montréalais pour l'année 2003-2004 (automne à automne) était de 16 452\$, ce qui est nettement en deçà de la moyenne québécoise par habitant qui était alors de 28 595\$.

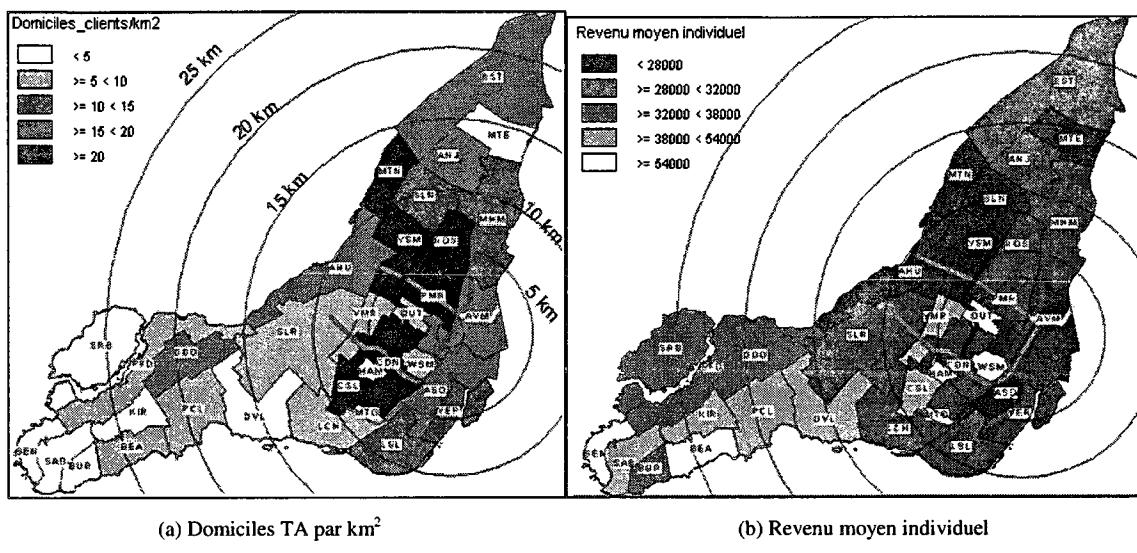


Figure 6.4 : Revenu moyen et localisation des domiciles des usagers du transport adapté

6.2.4 Structure du ménage

La Figure 6.5 illustre la répartition des usagers TA en fonction de la taille des ménages situés dans la même aire de diffusion. Les usagers âgés -en particulier les plus âgés- tendent à vivre dans des zones où la taille des ménages est moindre. Rosenbloom (1988 in Franklin & Niemeier, 1998) a d'ailleurs observé que le fait de vivre seul influence le choix d'utiliser le système de transport spécialisé.

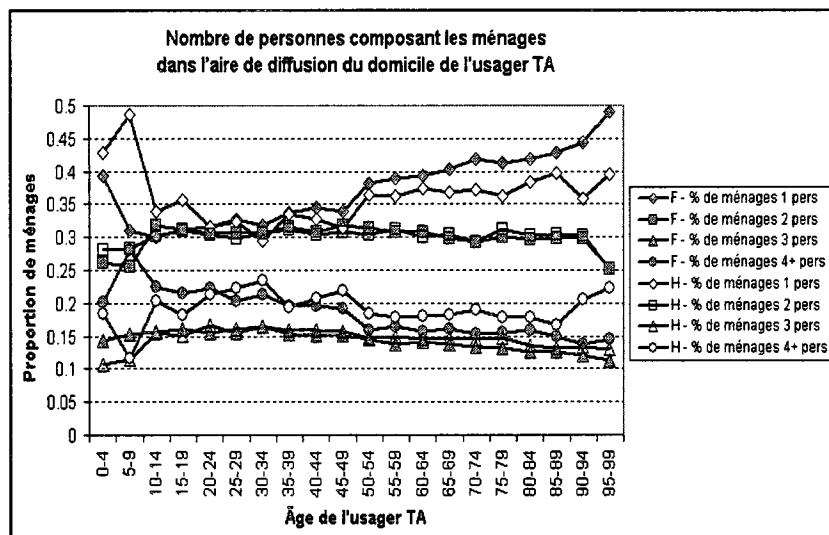


Figure 6.5 : Taille des ménages selon la localisation des domiciles des usagers du transport adapté

6.2.5 Âge et sexe

Les usagers du transport adapté ont un profil sociodémographique distinct par rapport à la population totale montréalaise tel que l'illustrent les courbes démographiques de la Figure 6.6. Leur âge médian est de 58 ans ce qui représente un écart de 18.8 ans par rapport à l'âge médian de la population montréalaise qui est de 39.2 ans (Recensement canadien, 2006). Les individus de plus de 50 ans sont aussi surreprésentés, particulièrement les femmes : 41.7% des femmes inscrites au service de transport adapté sont âgées de plus de 50 ans contre seulement 18.8% dans la population totale. En ce qui a trait aux individus âgés de moins de 50 ans, ils sont sous-représentés au sein du service : seulement 35.7% des individus ont moins de 50 ans alors que, sur l'île de Montréal, ils représentent 66.5% de la population. Le ratio Hommes/Femmes au sein du service de transport adapté est également plus faible que dans la population totale (0.686 versus 0.928) ce qui signifie que plus de femmes que d'hommes sont inscrites au service.

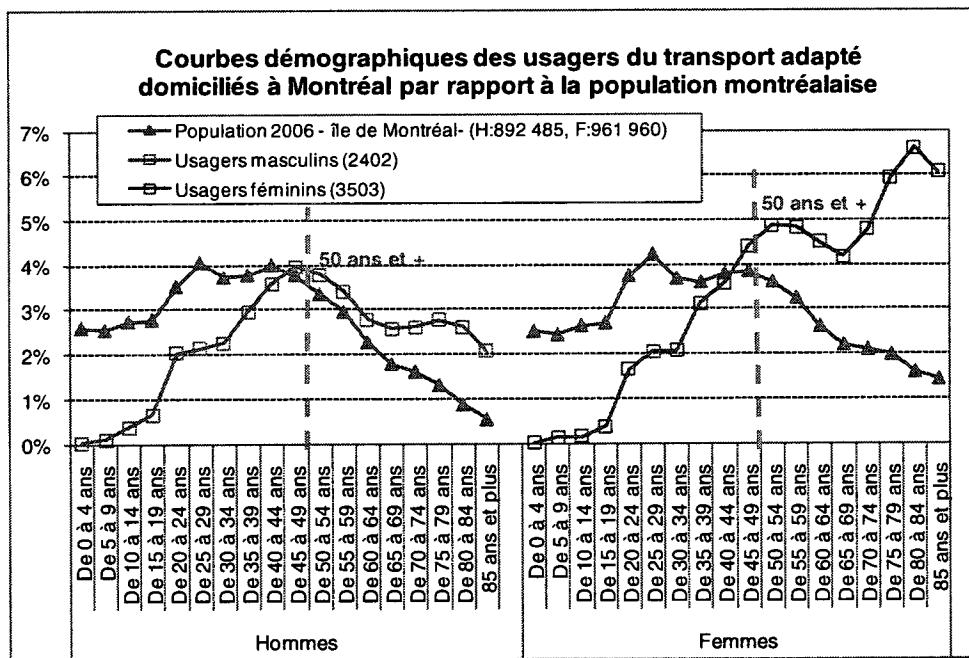


Figure 6.6 : Courbes démographiques - usagers du TA et résidents de l'île de Montréal

Néanmoins, bien que la proportion d'usagers admis soit vieillissante, ce n'est pas nécessairement cette clientèle qui consomme la plus grande part des services. La section 6.3 aborde la consommation spécifique plus en détails.

6.3 Consommation spécifique et cycle de vie

6.3.1 Positionnement

La demande en transport adapté est de deux types : celle établit selon les critères d'accessibilité qui recense tous les **clients admis** pouvant potentiellement réaliser des déplacements et celle effective, c'est-à-dire celle qui répertorie les **clients réellement actifs** effectuant des déplacements. La nuance entre ces deux types de demande est à la base de la notion de consommation spécifique, concept qui peut être défini comme la proportion de déplacements effectués par une catégorie de clients C_i . La catégorie de clients est définie en fonction d'une ou plusieurs variables sociodémographiques ou spatiotemporelles. Le concept de consommation spécifique est central dans la caractérisation de la demande de transport adapté. Effectivement, tous les usagers n'ont pas les mêmes besoins et la consommation de déplacements d'une catégorie C_i de clients n'est pas nécessairement proportionnelle au nombre de clients composant la catégorie. Alors qu'une grande proportion de la clientèle du service de transport adapté montréalais est âgée de plus de 65 ans (40.1%), cette clientèle ne réalise que 27.4% des déplacements. Quant aux individus âgés entre 20 et 64 ans, ils représentent 58% de la clientèle, mais consomment 71.2% des déplacements (voir Figure 6.7a). La même distinction entre poids-clientèle et consommation de déplacements peut être établie à partir du type de déficience du client (voir Figure 6.7b).

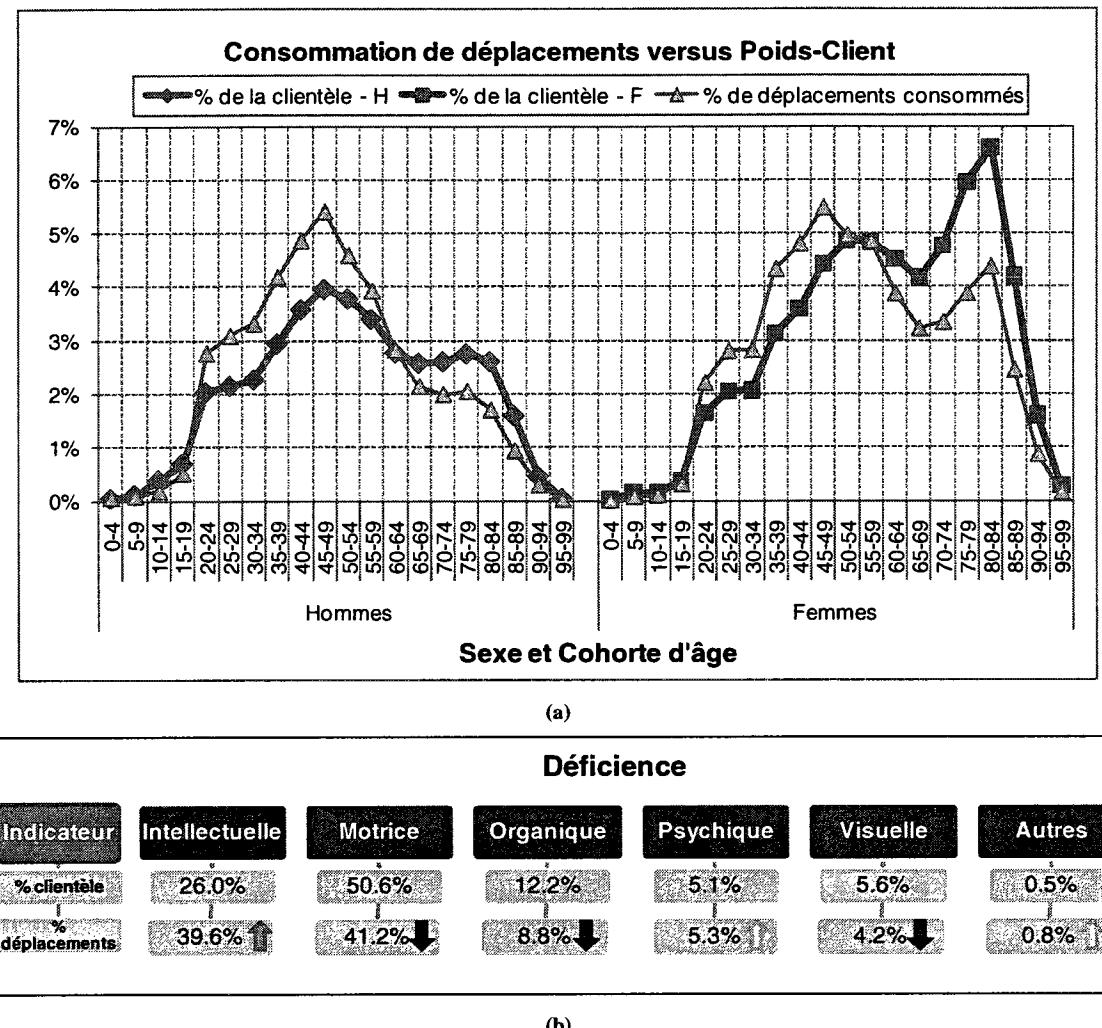


Figure 6.7 : Consommation de déplacements en fonction (a) de la cohorte d'âge et du sexe (b) de la déficience

Ainsi, si le vieillissement de la population québécoise est une réalité, la préoccupation n'est pas uniquement au niveau de la surreprésentation des personnes âgées au sein du système. Les processus derrière la modification de la consommation de déplacements des jeunes usagers au fur et à mesure qu'ils vieillissent représentent également un enjeu de taille. L'espérance de vie de ces individus augmentant continuellement, ceci laisse présager des durées de vie au sein du système pour de plus longues périodes. L'étude du cycle de vie des usagers en tant que révélateur de la consommation spécifique est donc une priorité.

Le concept de cycle de vie réfère :

« aux grandes étapes de la vie d'une personne définies selon l'âge ou aux trajectoires définies à partir de l'entrée dans des rôles majeurs dans la société ou de la sortie de ces rôles, par exemple le fait de devenir travailleur, conjoint ou parent puis de cesser de jouer ces rôles sociaux » (Hétu, 1992 cité dans Bussière, Thouez et al., 2001).

À chaque étape du cycle de vie, « correspond des modes de vie et des programmes d'activité, donc des niveaux et des comportements de mobilité différenciés » (Claisse, Diaz Olvera et al., 2003) qui se traduisent par une consommation spécifique propre. L'objectif est donc de déterminer, en fonction de la position dans le cycle de vie, les patrons de consommation spécifique propres à chaque catégorie de clientèle. Ultimement, cette caractérisation faite à partir du profil des usagers actuels vise à permettre l'estimation :

- du profil de la clientèle future en considérant l'évolution de certains paramètres;
- des noyaux futurs des déplacements des usagers de transport adapté en fonction des lieux d'activité actuels de chaque type de clientèle.

6.3.2 Analyse catégorielle exploratoire : à la recherche de variables significatives

Les besoins de mobilité des individus que sont les usagers du transport adapté se distinguent de ceux de la population globale, entre autres par l'organisation spatio-temporelle distinctive de leur système d'activité. Tel que mentionné par Banos (2001) :

« [Bien qu'à première vue la mobilité des usagers] semble n'être qu'amalgame de comportements individuels particuliers, spécifiques, non réductibles les uns aux autres, des structures [...] plus ou moins durables émergent [...] pour peu que l'on accepte de [...] s'éloigner temporairement des individus pour observer le groupe».

Pour déceler les tendances et les similarités comportementales, le réel doit donc être modélisé et agrégé. Cela ne signifie pas pour autant que la synthèse qui en découle soit réductrice. Pour peu que l'on discipline le chaos informationnel initial émanant des données brutes (Olsen, 1999) en définissant des indicateurs de mesure pertinents, la

segmentation et l'agrégation de la population à l'étude permet de cerner la variabilité comportementale sous une perspective sociodémographique et une dimension spatiotemporelle plus qu'enrichissantes. Schlich (2001) note d'ailleurs la nécessité de développer des profils de demande de personnes ayant des comportements spatiotemporels similaires. Le recours à l'analyse catégorielle exploratoire vise donc à permettre l'identification de variables explicatives significatives ayant un impact sur les comportements de déplacement des usagers du transport adapté et sur leur cycle de vie. Les catégories peuvent être basées sur différentes variables, dépendamment des hypothèses soutenues. Le Tableau 6.3 résume les variables significatives ressortant d'analyses menées sur les comportements de déplacement des personnes handicapées et/ou âgées.

Tableau 6.3 : Revue de littérature – Variables significatives explicatives des comportements de mobilité des personnes handicapées et/ou âgées

Variables	Effet	Auteurs	Source de données
Déficience	Le sous-groupe des déficients intellectuels est souvent identifié comme étant celui faisant le plus de déplacements.	Koffman et al. (2007)	TCRP 119 : Improving ADA Complementary Paratransit Demand – Revue de littérature
Structure et revenus du ménage	L'accroissement des revenus est associé à un plus grand nombre de déplacements pour motif Loisir et à une augmentation des distances parcourues.	Schmöcker et al. (2005)	Enquête du <i>London Area Travel Survey</i> 2001
Âge	L'accroissement de l'âge résulte en une diminution des déplacements et des distances parcourues plus courtes.	Schmöcker et al. (2005)	Enquête du <i>London Area Travel Survey</i> 2001
Âge et motif d'activité	L'analyse des données montre une association entre la fréquence des déplacements locaux et l'âge pour d'autres motifs qu'études, santé ou travail.	(Bussière, Thouez et al., 2001)	Enquête québécoise sur les limitations d'activité 1998

Tableau 6.3 (suite) : Revue de littérature – Variables significatives explicatives des comportements de mobilité des personnes handicapées et/ou âgées

Variables	Effet	Auteurs	Source de données
Sexe et motif d'activité	L'analyse selon le sexe fait ressortir la plus grande mobilité des hommes versus les femmes pour d'autres motifs qu'études, santé ou travail.	(Bussière, Thouez et al., 2001)	Enquête québécoise sur les limitations d'activité 1998
Besoin de services de transport adapté et âge	Le fait d'exprimer le besoin de services de transport adapté ne semble pas associé à l'âge selon les données de l'EQLA.	(Bussière, Thouez et al., 2001)	Enquête québécoise sur les limitations d'activité 1998
Besoin de services de transport adapté et sexe	Une association avec le sexe est observée, les femmes étant en proportion plus nombreuses à exprimer ce besoin que les hommes.	(Bussière, Thouez et al., 2001)	Enquête québécoise sur les limitations d'activité 1998
Âge et sexe féminin	L'accroissement de l'âge et le fait d'être une femme influencent le nombre de déplacements à la baisse.	Stern (1993)	Enquête auprès de personnes handicapées et âgées en Virginie rurale
Niveau de scolarité et statut marital	Les personnes avec un plus haut niveau de scolarité et celles mariées se déplacent davantage.	Stern (1993)	Enquête auprès de personnes handicapées et âgées en Virginie rurale

Schmöcker et al. (2005) soutiennent également que la littérature n'examine que très rarement les déplacements faits par la jeune population handicapée alors qu'à leur avis, il est évident qu'une distinction doit être faite entre les jeunes handicapés, les handicapés 'âgés' et les handicapés 'très âgés'. Alsnih et Hensher (2003) corroborent cette nécessité de distinguer entre les jeunes personnes âgées (65-75 ans) et les personnes âgées plus vieilles (75 ans et plus) précisant que ces cohortes ne sont pas du tout homogènes en termes de comportements de déplacement. Si les retraités réalisent initialement de nombreux déplacements, cette tendance se dissipe au fur et à mesure que la vieillesse et les handicaps interviennent (Schmöcker, Quddus et al., 2005). Au Canada, l'enquête EPLA 2006 a révélé cette différenciation entre les cohortes de

personnes âgées. Avec l'âge, l'incapacité devient plus sévère et les personnes âgées sont de plus en plus limitées dans leurs activités quotidiennes et dans leur mobilité.

L'âge, le sexe, le statut (ici, la déficience) et le type de ménage étant habituellement reconnus parmi les principales variables structurant chacune des étapes du cycle de vie individuel (voir Tableau 6.3), l'analyse catégorielle subséquente menée dans le cadre de cet exercice s'appuie sur ces caractéristiques sociodémographiques pour explorer les éléments suivants: la structure du ménage de l'usager, la localisation du domicile, le statut-usager principal, la consommation de déplacements ainsi que le budget espace-temps alloué aux différentes activités.

6.3.2.1 Définition d'indicateurs de mobilité

Différents indicateurs permettent de mieux comprendre la mobilité individuelle (Morency & Chapleau, 2007). L'analyse catégorielle qui suit s'appuie sur les suivants.

6.3.2.1.1 Distance du centre-ville au domicile

Les coordonnées de la station de métro McGill ont été choisies pour représenter le centroïde du centre-ville montréalais.

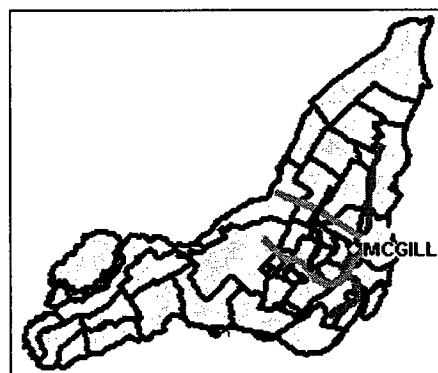


Figure 6.8 : Coordonnées XY de la station de métro McGill

6.3.2.1.2 Ellipse de dispersion spatiale des domiciles

Afin de représenter la dispersion des domiciles pour différents segments de la population, la première ellipse de dispersion standard est estimée. Sa formulation s'exprime par trois mesures (voir Figure 6.9):

- Le centre moyen du nuage de points qui correspond au centre de l'ellipse. Les coordonnées du centre moyen s'expriment comme :

$$CM: X_{CM} = \frac{\sum w_i x_i}{\sum w_i}, Y_{CM} = \frac{\sum w_i y_i}{\sum w_i}$$

où w_i est le poids associé au point i
 x_i, y_i sont les coordonnées du point i

- L'angle de rotation θ qui permet de prendre en considération l'orientation directionnelle du nuage de points. Les axes subissent ainsi une rotation d'un angle θ . de manière à ce que la somme des carrés des distances entre les points et les axes soit minimisée (Levine & Associates, 2004). Cette rotation se fait dans le sens horaire où :

$$\theta = \frac{\arctan\{\sum(x_i - \bar{x})^2 - \sum(y_i - \bar{y})^2 + \sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2 - \sum(y_i - \bar{y})^2)^2 + 4(\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})\}^2}}{2\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}$$

- Deux écarts types, un dans la direction de l'axe des x, S_x et l'autre dans la direction de l'axe des y, S_y . Ces deux mesures sont orthogonales l'une par rapport à l'autre et permettent de définir la longueur des axes de l'ellipse qui est respectivement égale à $2S_x$ pour l'axe des X et $2S_y$ pour l'axe des Y.

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum((x_i - \bar{x})\cos\theta - \sum(y_i - \bar{y})\sin\theta)^2}{N - 2}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum((x_i - \bar{x})\sin\theta - \sum(y_i - \bar{y})\cos\theta)^2}{N - 2}}$$

Toutes les sommes se font de $i=1$ à N où N est le nombre de points.

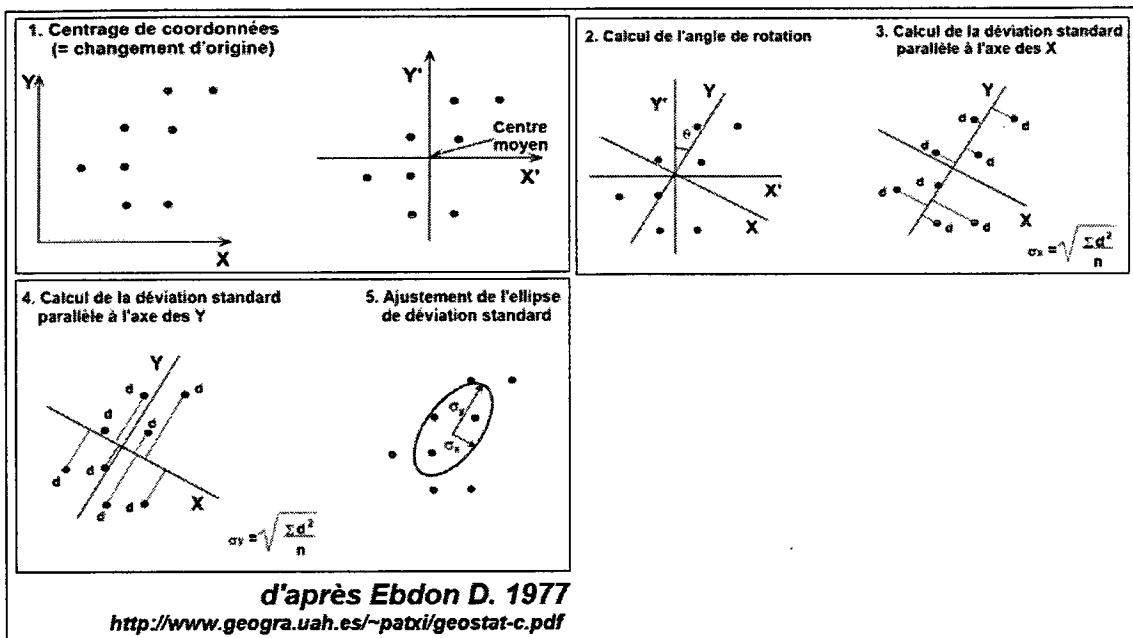


Figure 6.9 : Construction méthodologique d'une ellipse de déviation standard

Rai et al (2007) explicitent quelques limitations de l'ellipse de déviation standard:

- impose une forme géométrique spécifique qui peut ou non mal représenter les comportements ou la forme urbaine;
- capture la variance et couvre donc souvent une très grande zone;
- suggère une symétrie autour du point central même si une moitié de la zone à l'étude peut ne pas contenir aucun générateur de déplacements.

Les ellipses de déviation standard ont été générées à partir du logiciel CrimeStat (Levine & Associates, 2004), logiciel d'analyse géostatistique initialement conçu pour étudier les ensembles de données concernant les crimes commis.

6.3.2.1.3 Taux de déplacement quotidien

$$\sum y_{ij}$$

Ce taux est mesuré comme : $y_i = \frac{\sum_j y_{ij}}{J}$

où y_{ij} = nombre total de déplacements faits par la personne i le jour j

J_i = nombre de jours durant la période k à l'étude (4 jours dans ce cas)

6.3.2.1.4 Part des déplacements effectués en pointes AM et PM

Les pointes ont été établies en observant le profil temporel (par demi-heure) des embarquements et des débarquements sur la période à l'étude (5 au 8 novembre 2007). En matinée, les embarquements se concentrent entre 8h et 9h alors que les débarquements se concentrent entre 8h30 et 9h30. Les véhicules subissent donc leur occupation maximale entre 8h et 9h30. En après-midi, les embarquements se concentrent entre 14h30 et 16h00 alors que les débarquements se concentrent entre 15h et 16h30. Les véhicules subissent donc leur occupation maximale entre 14h30 et 16h30. Conséquemment, les pointes ont été établies ainsi : AM – 8h@9h30, PM – 14h30@16h30. Ce choix demeure arbitraire.

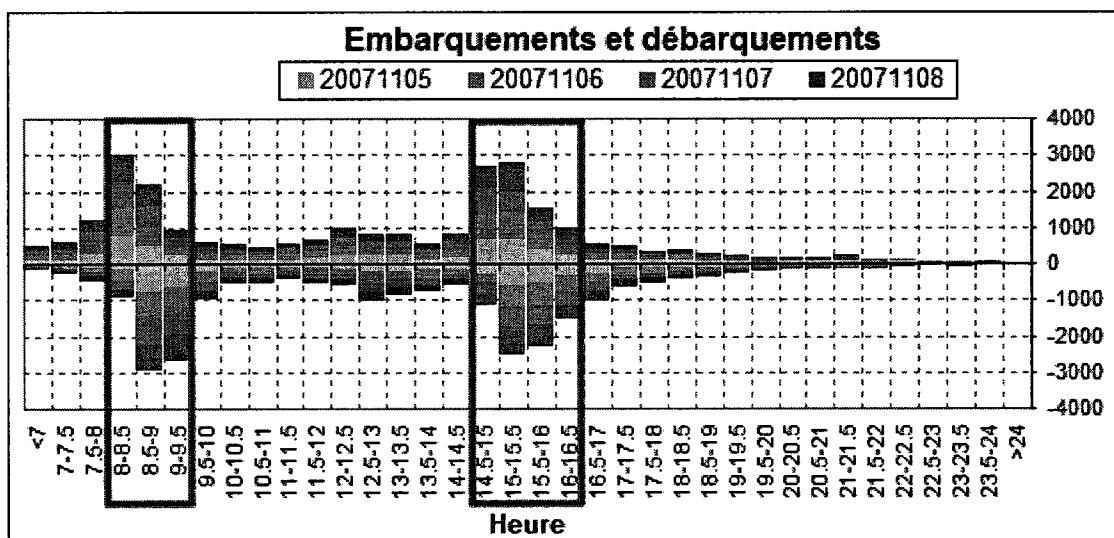


Figure 6.10: Profil temporel des embarquements et des débarquements

6.3.2.1.5 Distance totale parcourue quotidiennement

La distance totale parcourue quotidiennement (en km) par l'individu i le jour j en

$$\text{transport adapté se mesure comme : } D_i^j = \sum_{t=1}^n d_t^{ij}$$

où d_t représente la distance du déplacement t réalisé par l'individu i le jour j
 j représente le jour à l'étude

6.3.2.1.6 Durée totale d'activité hors domicile

La durée totale d'activité réalisée hors domicile (en heures) par l'individu i sur la

période k en transport adapté se mesure comme : $Du_i^k = \sum_{a=1}^n du_a$

où du_a représente la durée de l'activité a réalisée par l'individu i
 k représente la période temporelle à l'étude

L'analyse catégorielle qui suit s'appuie sur les indicateurs préalablement définis pour déterminer, en fonction de la position dans le cycle de vie et de la socio-démographie des usagers, la signature des clientèles en ce qui a trait aux comportements de déplacement.

6.3.2.2 *Structure du ménage*

En observant les patrons domiciliaires associés aux types de déficience les plus récurrents au sein de la clientèle (déficience motrice, intellectuelle et organique), certaines tendances de cohabitation s'observent nettement. Ainsi, les déficients intellectuels, une clientèle dont l'âge correspond au moment où la population est habituellement active (20-65 ans), tendent de plus en plus à vivre avec d'autres usagers du transport adapté en vieillissant. C'est également le groupe qui cohabite le plus (voir Figure 6.12). Une hypothèse peut être posée à l'effet qu'à l'âge adulte, les déficients intellectuels sont assez autonomes pour quitter le ménage familial, mais peut-être pas suffisamment pour vivre seuls. Chez la clientèle souffrant d'une déficience organique, essentiellement âgée, l'accroissement de l'âge incite également à la cohabitation, en particulier chez les femmes. La qualité de la santé explique probablement une grande partie de ce phénomène, puisque sa détérioration va inciter les individus, voire les obliger, à vivre en CHSLD, en résidences ou dans les hôpitaux. L'âge et la déficience ont donc un effet structurant sur les choix domiciliaires des usagers du transport adapté.

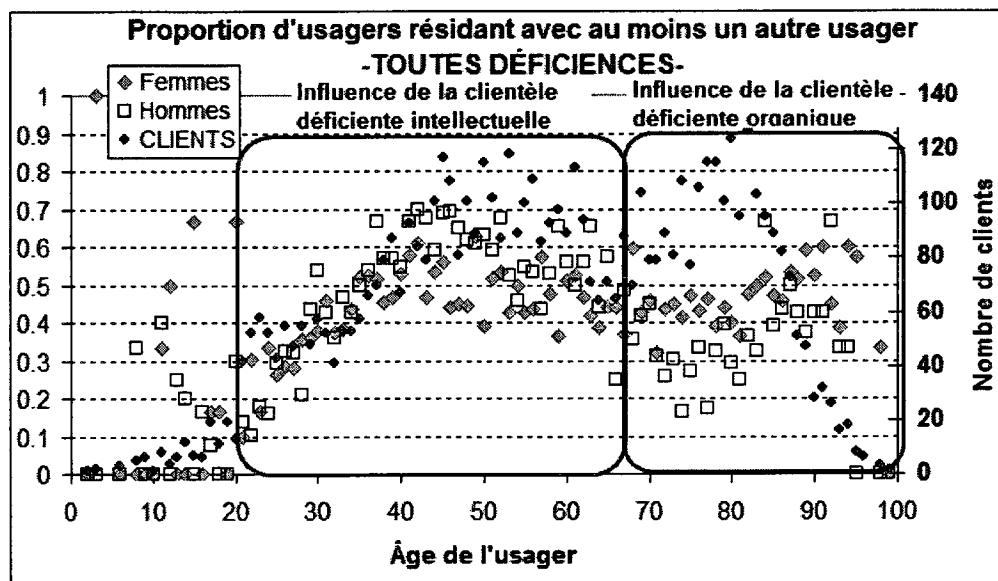
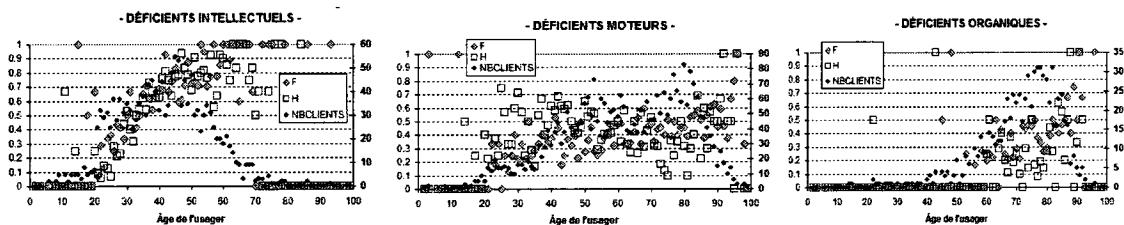


Figure 6.11 : Proportion d'usagers résidant avec au moins un autre usager (inspirée de Richardson, 2006)



Déficience	Femmes		Hommes	
	NB Total Clients	% cohabitant	NB Total Clients	% cohabitant
Intellectuelle	730	63.4%	799	59.4%
Motrice	1978	41.8%	1015	43.2%
Organique	440	34.8%	282	23.8%
Psychique	139	51.1%	164	48.2%
Visuelle	199	33.7%	130	34.6%
Auditive	18	27.8%	15	26.7%

Figure 6.12 : Proportion d'usagers résidant avec au moins un autre usager en fonction de la déficience et du sexe

Néanmoins, l'hypothèse posée précédemment à savoir quels types d'usagers cohabitent dans des maisons privées versus quels types d'usagers cohabitent dans des établissements publics doit être validée. La liste des établissements publics répertoriés

dans la table Adresses communes n'étant que partielle, elle ne suffit pas pour répondre adéquatement à ce questionnement. Pour valider l'hypothèse de cohabitation et approfondir l'étude de la structure des ménages, certaines sources de données externes pourraient être ultérieurement exploitées. Entre autres, les données de l'Atlas de la Santé et des services sociaux (SSS) qui répertorie l'ensemble des établissements et des institutions du réseau SSS, soit plus de 300 lieux-générateurs sur l'île de Montréal, pourraient être utilisées.

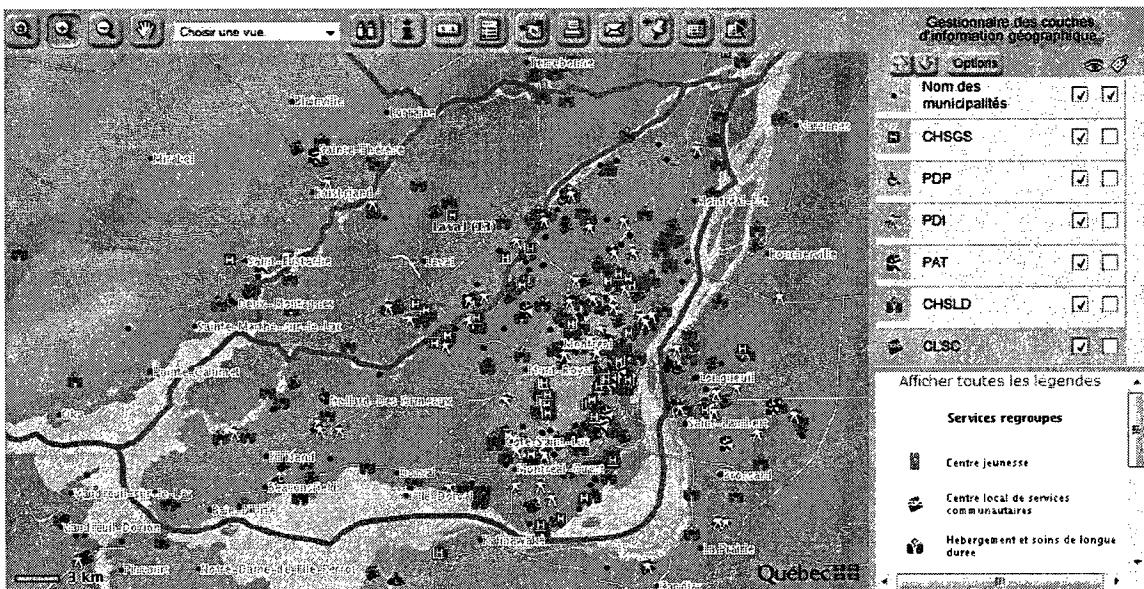


Figure 6.13 : Localisation des installations et des établissements du réseau de la santé et des services sociaux (http://www.msss.gouv.qc.ca/statistiques/atlas/atlas/index.php?id_carte=9)

Il existe également un Registre des résidences pour personnes âgées qui « recense tous les immeubles d'habitation collective au Québec où sont offerts, contre le paiement d'un loyer, des chambres ou des logements destinés à des personnes âgées » (<http://wpp01.msss.gouv.qc.ca/appl/K10/K10accueil.asp>). Les établissements qui font partie du réseau de la santé et de services sociaux (centres hospitaliers de soins de longue durée-CHSLD, centres hospitaliers-CH) sont exclus.

6.3.2.3 Localisation du domicile

Le type de déficience ainsi que la langue ont, pour leur part, un effet sur la localisation du domicile et sur le taux de déplacement. En premier lieu, plus les individus sont âgés, plus ils tendent à se rapprocher du centre-ville (Figure 6.14).

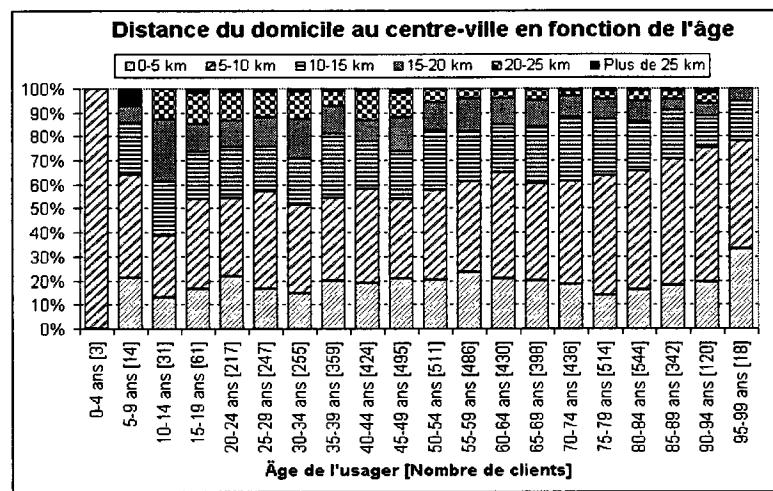
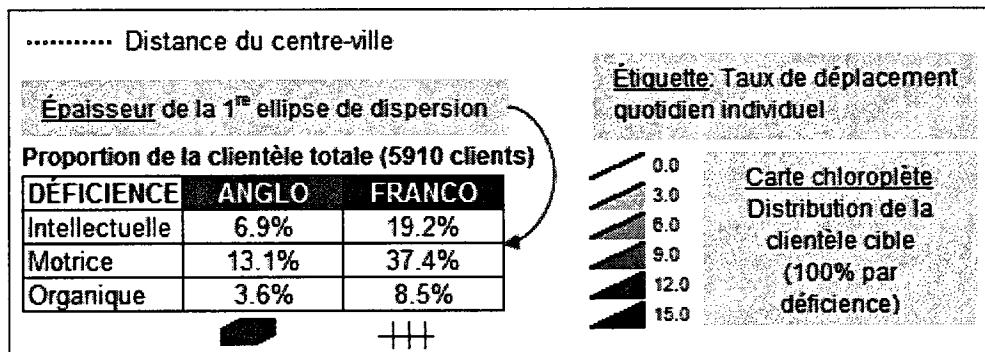


Figure 6.14 : Localisation du domicile par rapport au centre-ville

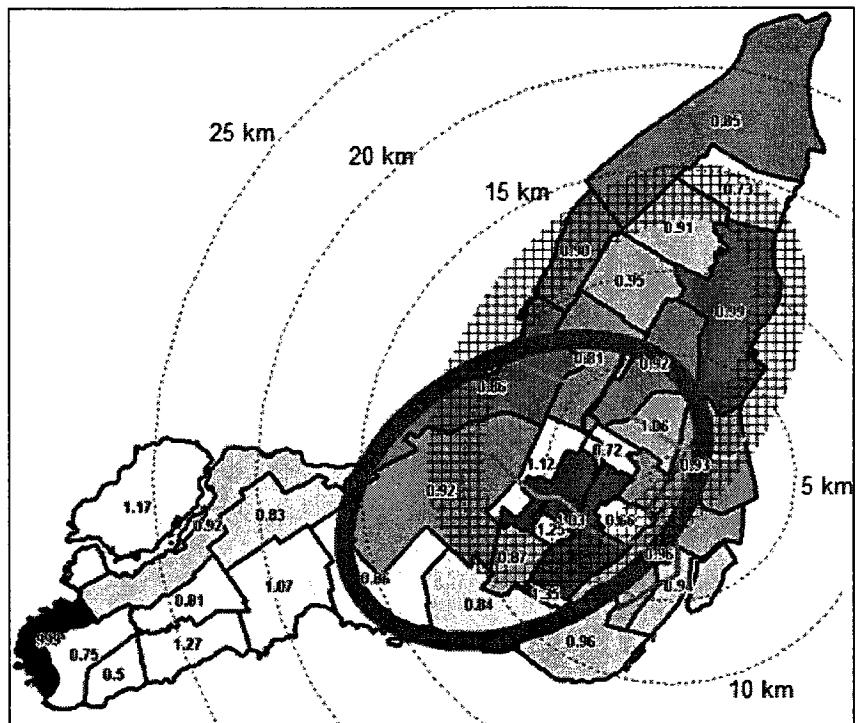
Lorsque la distribution spatiale des domiciles est simultanément mise en relation avec le taux de déplacement quotidien individuel, le type de déficience et la langue, les faits saillants suivants sont observables (voir Figure 6.15) :

- Position des ellipses : Peu importe la déficience, les anglophones habitent majoritairement dans l'ouest de l'île et les francophones, dans l'est.
- Épaisseur des ellipses : Les déficients moteurs, autant francophones qu'anglophones, représentent la plus grande proportion de la clientèle totale.
- Superficie des ellipses: Les domiciles des déficients intellectuels sont davantage dispersés que ceux des déficients organiques et moteurs.
- Carte chloroplète + étiquette : Peu d'usagers du transport adapté habitent dans l'ouest de la ville, mais ceux qui y habitent ont des taux de déplacement individuels souvent supérieurs à ceux de leurs confrères de l'est.

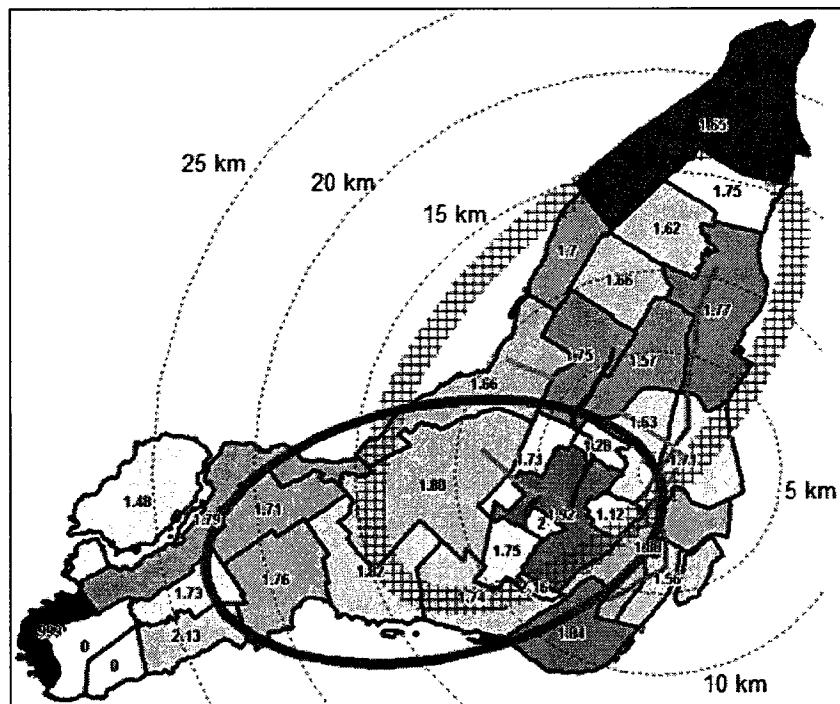
- **Carte chloroplète :** Une forte proportion de déficients moteurs habitent dans le centre de la ville (arrondissement Côte-des-Neiges/Notre-Dame-de-Grâce) alors que les déficients intellectuels sont très présents dans la pointe est de l'île (arrondissement Pointe-aux-Trembles/Rivière-des-Prairies). Les déficients organiques se répartissent quant à eux assez équitablement entre le centre et l'est de la ville.
- **Étiquette :** Les déficients intellectuels se déplacent beaucoup plus que les déficients moteurs et les déficients organiques. En moyenne, un individu souffrant d'une déficience intellectuelle fera 1.74 déplacement par jour alors qu'un individu souffrant d'une déficience motrice ou organique fera respectivement 0.93 et 0.83 déplacement par jour.



(a) Légende



(b) Déficience motrice



(c) Déficience intellectuelle

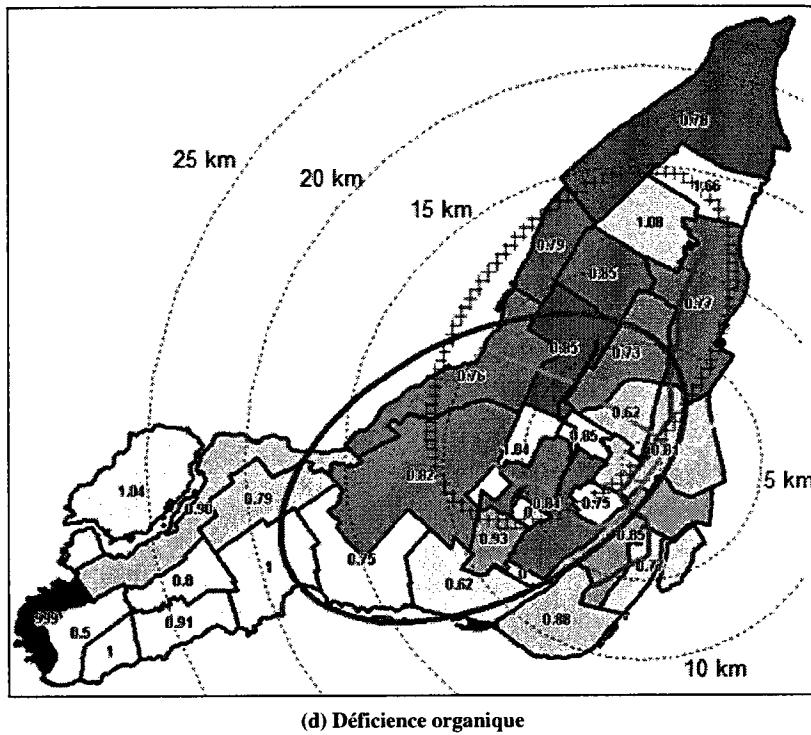


Figure 6.15 : Répartition des domiciles des usagers et taux de déplacement individuel quotidien – Information en fonction de la déficience (a) Légende (b) Motrice (c) Intellectuelle (d) Organique

Afin de discerner si l'âge a un impact sur la localisation des domiciles, les centres moyens des domiciles en fonction de l'âge et de la langue ont été calculés. La segmentation par langue a été jugée nécessaire en raison de la scission nette entre les anglophones (ouest de l'île) et les francophones (est de l'île). La répartition non aléatoire associée à la langue aurait créée un biais notable dans la position des centres moyens. Les coordonnées du centre moyen s'expriment comme :

$$\text{CM : } X_{CM} = \frac{\sum w_i x_i}{\sum w_i}, Y_{CM} = \frac{\sum w_i y_i}{\sum w_i}$$

Où w_i est le poids associé au domicile i

x_i, y_i sont les coordonnées du domicile i

Dans le cas actuel, w_i peut être interprété comme le nombre de domiciles possédant les mêmes coordonnées XY. Le centre moyen n'est pas nécessairement une mesure très utile si ce n'est dans le but d'une interprétation comparée. Effectivement, la forme du

territoire –telle que la forme ‘banane’ de l’île de Montréal- peut être à l’origine de résultats étranges, tels que des centres moyens se situant dans l’eau.

Dans le cas comparant les centres moyens des domiciles de la population du transport adapté selon la cohorte d’âge et la langue, aucune tendance nette ne se dégage pour les francophones. Par contre, pour les anglophones, s’il est fait exception de la cohorte des 65-74 ans et gardant en mémoire que la cohorte des moins de 15 ans n’est pas statistiquement significative (uniquement 9 observations), plus les individus sont jeunes, plus ils habitent loin du centre-ville (voir Figure 6.16). Ceci semble cohérent avec le lien souvent observé entre la localisation des ménages et la position dans le cycle de vie, c’est-à-dire que les ménages de grande taille –auxquels appartiennent habituellement les jeunes, puisqu’ils résident encore avec leurs parents- ont tendance à être situés en banlieue. Néanmoins, ne possédant aucune donnée individuelle sur la composition des ménages auxquels appartiennent les usagers du transport adapté, ceci demeure une hypothèse à valider.

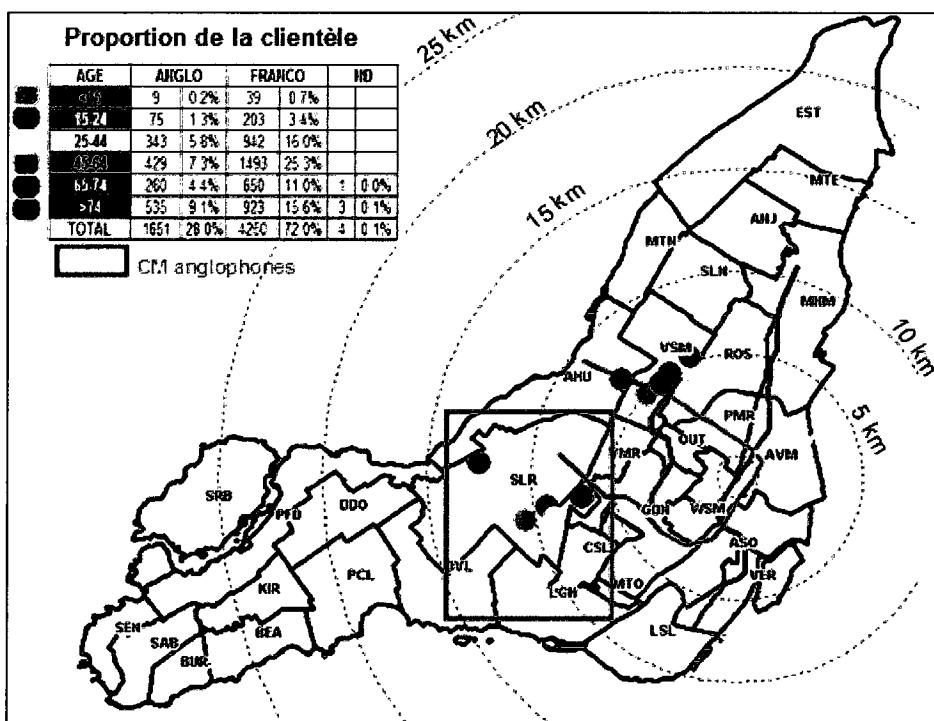


Figure 6.16 : Centres moyens des domiciles en fonction de la cohorte d’âge et de la langue

6.3.2.4 Déficience et statut-usager

L'analyse de la clientèle en fonction de l'âge et du type de déficience illustre également très clairement que la distribution de la clientèle n'est pas aléatoire (Figure 6.17). Tout d'abord, les déficiences motrice et intellectuelle sont les plus communes. Les individus souffrant d'une déficience intellectuelle sont également, pour la plupart, âgés de moins de 65 ans. Ce type de déficience disparaît ensuite au sein des cohortes davantage âgées pour laisser place aux déficiences motrice et organique ainsi que visuelle, dans une moindre mesure.

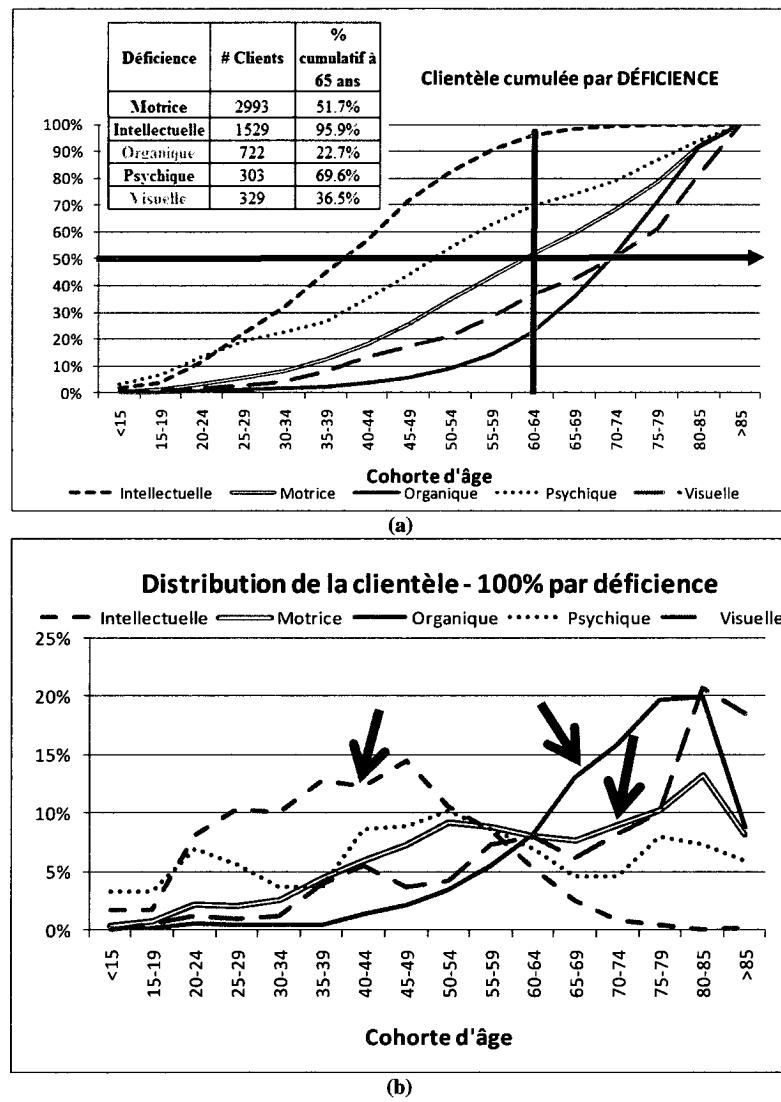


Figure 6.17 : Distribution de la clientèle en fonction du type de déficience (a) Cumulative (b) Typique

Le statut de l'usager, dérivé à partir du motif principal de déplacement, est également fortement corrélé à l'âge (voir Figure 6.18). Ainsi, les activités fixes sont majoritairement associées à des cohortes d'âge actif (moins de 65 ans): les études pour les très jeunes (moins de 25 ans), les ateliers et le travail pour les 25-64 ans. Les cohortes davantage âgées (65 ans et plus) sont essentiellement associées à des motifs flexibles, soient les loisirs et les motifs médicaux.

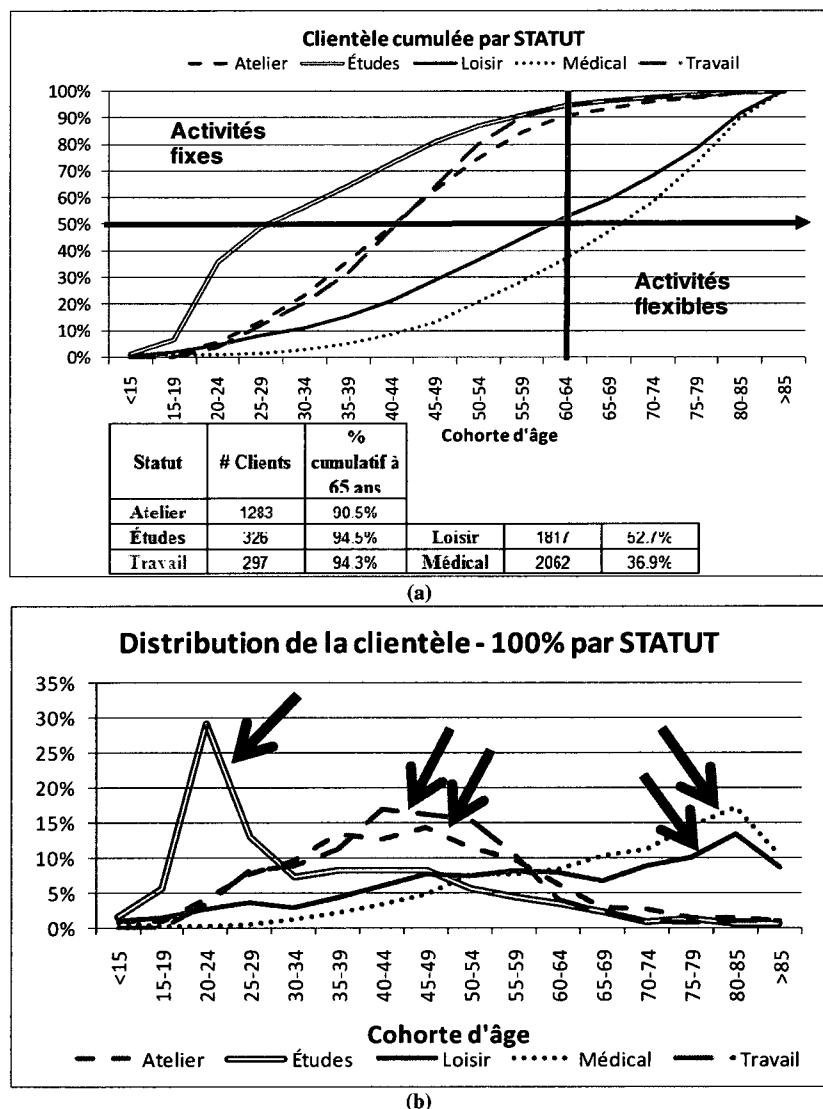


Figure 6.18 : Distribution de la clientèle en fonction du statut de l'usager (a) Cumulative (b) Typique

6.3.2.5 Consommation de déplacements

En ce qui a trait à la consommation de déplacements, l'âge s'avère être un très bon révélateur de tendances comportementales globales. Ainsi, le pourcentage de clients voyageant quotidiennement décroît au fur et à mesure que les individus vieillissent (Figure 6.36). Les très jeunes usagers ainsi que les plus âgés possèdent également une plus grande variabilité dans la distribution totale de leurs déplacements en fonction du type de jour (Figure 6.35).

Une représentation du taux moyen de déplacement quotidien individuel en fonction de l'âge, du sexe et de la déficience permet les observations suivantes (Figure 6.19):

- Le sexe ne semble pas être une variable significative lorsque observée conjointement avec l'âge et la déficience.
- L'individu déficient intellectuel est le plus grand consommateur et l'individu déficient organique, le moins grand.
- Pour ces déficiences, l'âge n'apparaît pas comme une variable explicative, la consommation étant relativement stable peu importe l'âge. Par contre, les individus souffrant d'une autre déficience voient leur consommation individuelle chuter avec l'âge.

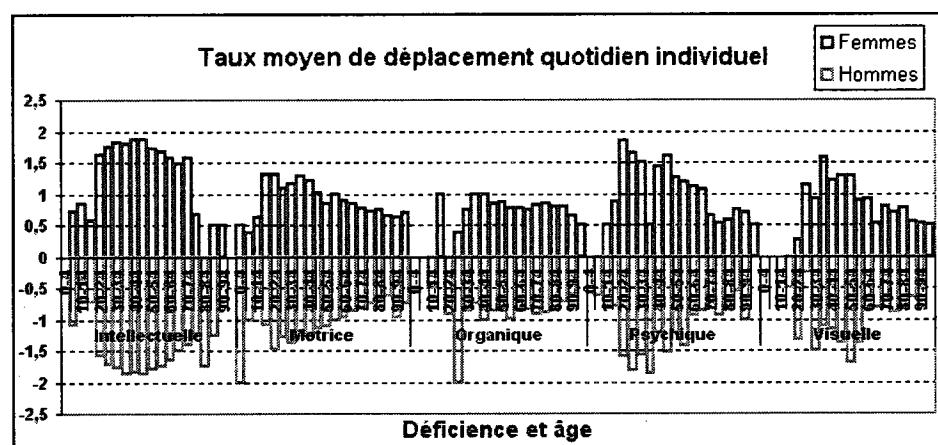


Figure 6.19 : Taux moyen de déplacement quotidien individuel en fonction de l'âge, du sexe et de la déficience

Néanmoins, la représentativité statistique (nombre d'observations utilisées) ainsi que l'effet de potentielles valeurs extrêmes ou atypiques n'est pas perceptible sur la Figure 6.19 qui traite les taux de déplacement quotidiens individuels de manière agrégée (taux moyen).

Une représentation totalement désagrégée, telle que celle présentée à la Figure 6.20, est beaucoup plus révélatrice et fournit une information davantage complète. Encore une fois, le genre ne semble pas engendrer des patrons distinctifs (Figure 6.20). Par contre, le type de déficience révèle différents patrons. Ainsi, les plus hauts taux de déplacement quotidiens individuels (entre 1.5 et 2.5) sont générés par les déficients intellectuels âgés entre 20 et 65 ans (Figure 6.20b). Ceci n'est pas surprenant, puisque la littérature identifie souvent ce groupe en tant que plus grand consommateur (Koffman, Lewis et al., 2007). Un second patron regroupe les individus ayant les taux de déplacement les plus faibles (entre 0.5 et 1.5). Il est généré par les déficients moteurs plus âgés (Figure 6.20c) ainsi que par les déficients organiques (Figure 6.20d). La littérature confirme d'ailleurs que le nombre de déplacements réalisés chute habituellement avec l'accroissement de l'âge (Stern, 1993; Schmöcker, Quddus et al., 2005).

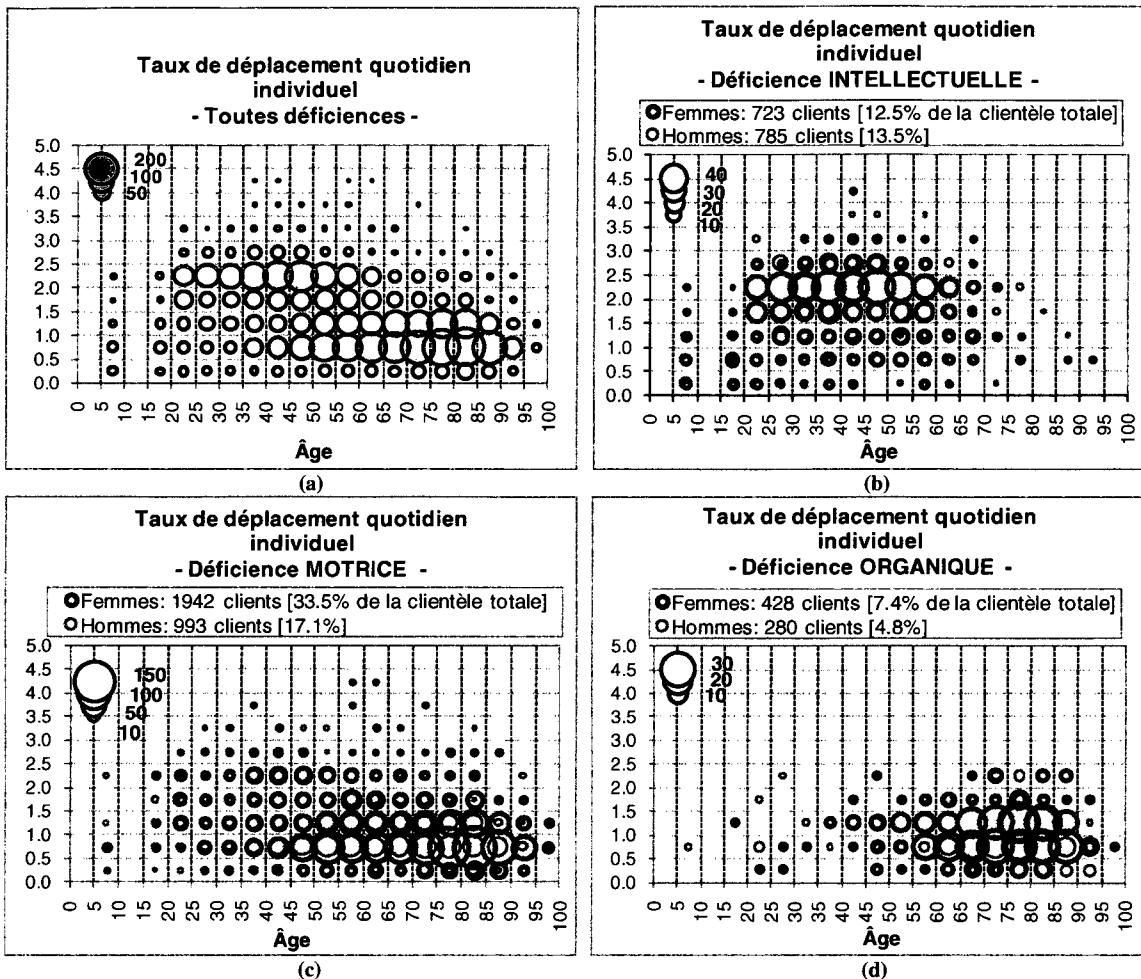


Figure 6.20 : Taux de déplacement quotidien individuel en fonction de l'âge, du sexe et de la déficience (a) Toutes déficiences (b) Intellectuelle (c) Motrice (d) Organique

Ainsi, la structure démographique et le type de déficience se révèlent être des indicateurs sociodémographiques pertinents afin de distinguer les différents patrons de consommation de déplacements au sein de la clientèle totale.

6.3.2.6 Budget espace-temps alloué aux différentes activités

Vadarevu et Stopher (1996) ont également observé qu'en fonction de la position de l'individu dans son cycle de vie, l'allocation de temps aux activités obligatoires (fixes), flexibles ou optionnelles varie. Cette tendance s'observe également au sein de la clientèle du transport adapté. Ainsi, pour les clientèles davantage âgées (déficiences

organique, motrice et visuelle – voir Figure 6.17), il y a une substitution apparente des activités obligatoires (études, travail, atelier) au profit des activités flexibles (loisir, médical) (voir Figure 6.21).

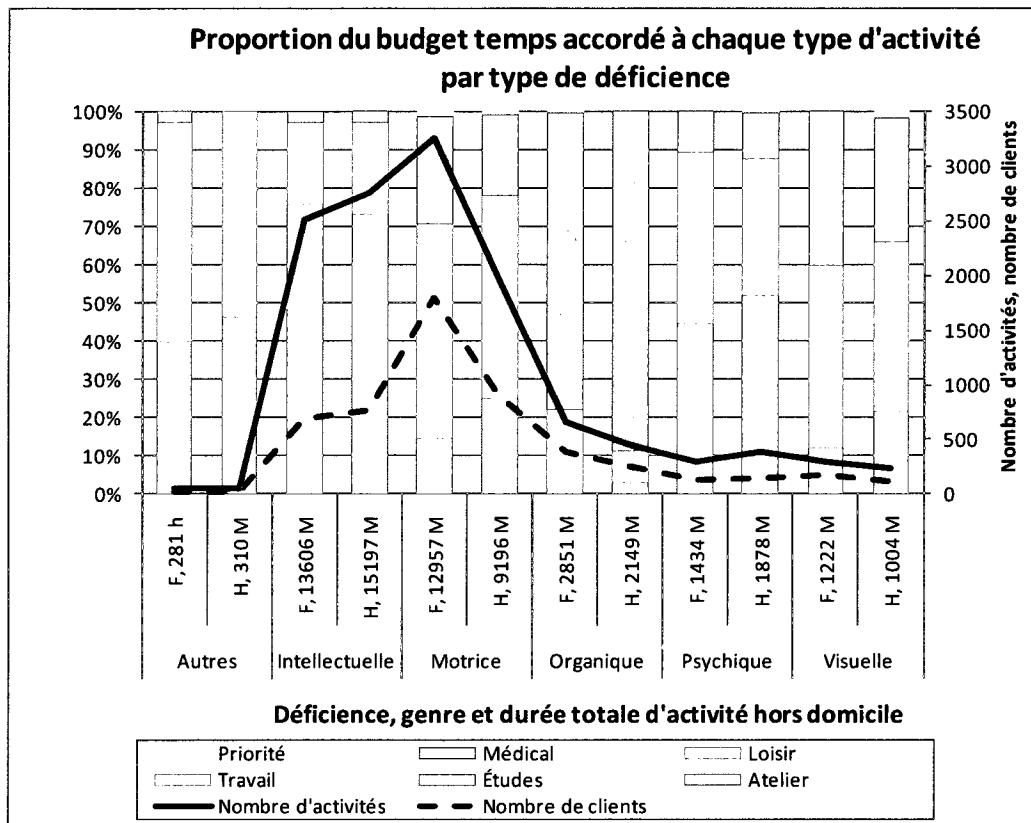


Figure 6.21 : Proportion du budget temps hors domicile accordé à chaque type d'activité

Cette flexibilité se répercute également sur la distribution des heures d'arrivée aux lieux d'activité. Les usagers actifs voyagent majoritairement durant la période de pointe AM alors que les usagers âgés de plus de 65 ans ont des activités distribuées durant toute la journée (voir Figure 6.22). Si l'on s'attarde à savoir qui exactement sollicite le système de transport en pointes, il ressort que ces dernières sont très sollicitées par les déficients intellectuels et très peu sollicitées par les déficients moteurs et organiques (voir Figure 6.23).

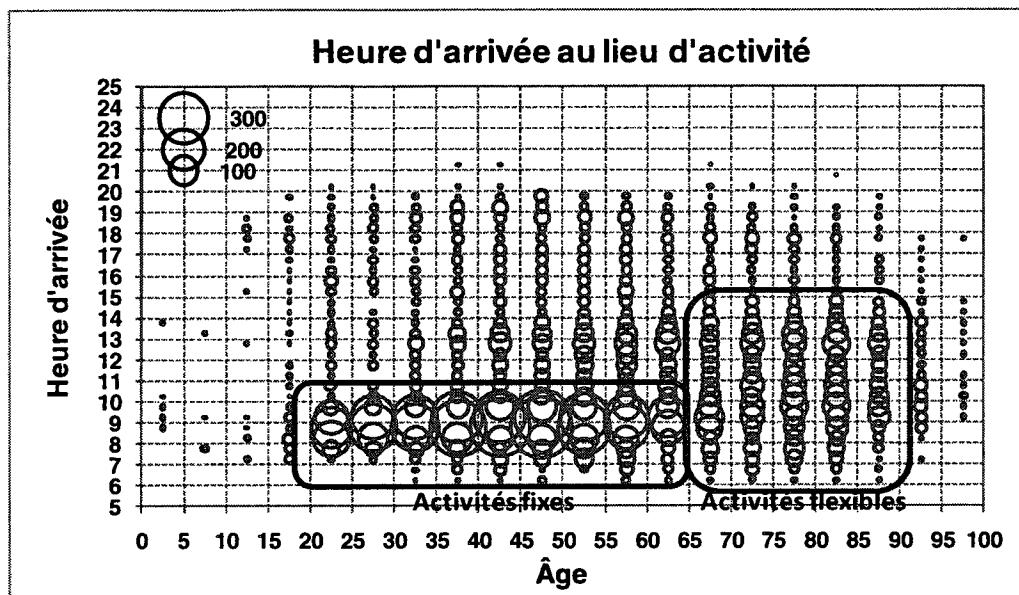


Figure 6.22 : Heure d'arrivée au lieu d'activité en fonction de l'âge

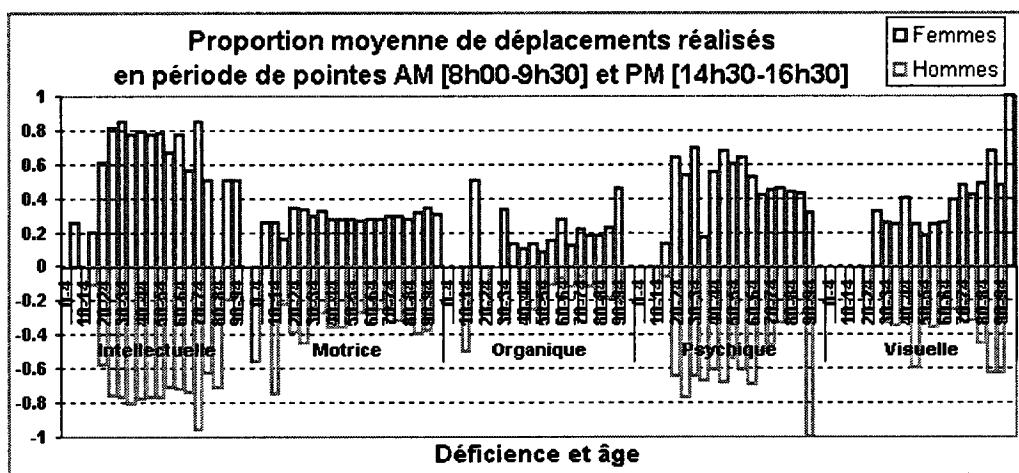


Figure 6.23 : Proportion moyenne de déplacements réalisés en pointes AM et PM

La durée de chaque activité décroît également avec l'âge (voir Figure 6.24), particulièrement chez les femmes, ce qui est cohérent avec le type d'activité entrepris. En ce qui a trait à l'allocation du temps total consacré aux activités hors domicile, l'ensemble des clientèles voit également une chute dans avec l'accroissement de l'âge à l'exception de la clientèle souffrant d'une déficience intellectuelle (Figure 6.25).

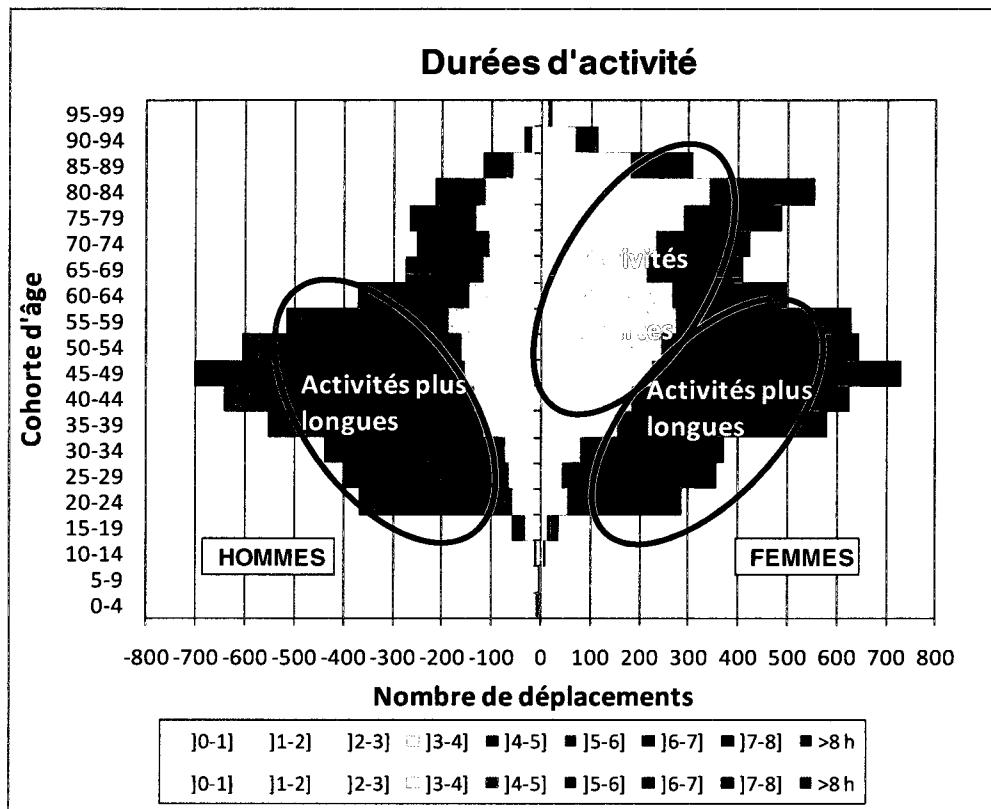


Figure 6.24 : Distribution des durées d'activité en fonction de l'âge et du sexe

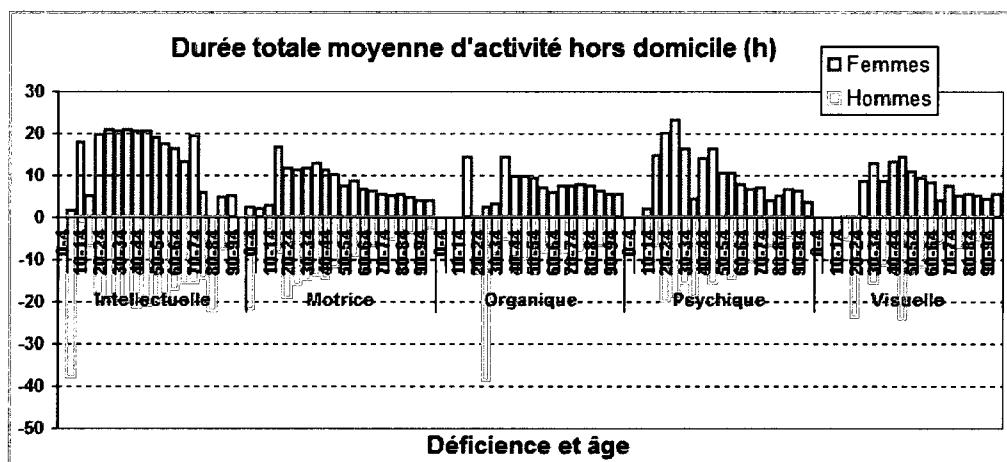


Figure 6.25 : Durée totale moyenne d'activité hors domicile

En ce qui a trait au budget spatial, le genre révèle aussi des tendances distinctes. Ainsi, les femmes se déplacent moins et sur de moins grandes distances que les hommes.

Effectivement, les femmes, qui représentent 59.3% de la clientèle, consomment uniquement 55.0% des déplacements. La distance moyenne de déplacement (calculée à vol d'oiseau) est aussi plus courte chez les femmes que chez les hommes : 6.1 km versus 6.9 km. L'âge est également associé à des choix de mobilité distincts. Les femmes âgées de plus de 65 ans parcourent, en moyenne, 5.0 km alors que les hommes de même âge parcourent eux, en moyenne, 5.9 km. Ainsi, plus la clientèle vieillit, moins elle est prête à parcourir de grandes distances (Schmöcker, Quddus et al., 2005).

Les tendances spatio-temporelles de mobilité soutenant un système d'activité, il devient également pertinent d'observer la relation existant entre le système de transport et le dit système d'activité. En observant la relation entre la durée d'une activité, l'heure d'arrivée au lieu d'activité et le motif, il est possible d'observer plusieurs patrons intéressants. La Figure 6.26 représente la répartition des activités réalisées pour un motif unique en fonction de l'heure d'arrivée et de la durée d'activité. La sommation des bulles présentes sur la totalité de la grille représente ainsi 100% des activités réalisées pour le motif spécifié.

Cette figure permet d'observer que les activités très matinales sont entreprises pour des motifs essentiellement médicaux (Figure 6.26e). Quant aux activités fixes (ateliers, études et travail) (Figure 6.26 a, b, c), elles débutent majoritairement durant la période de pointe AM (8h00-9h30). Finalement, une part significative des activités davantage flexibles (motifs médical – 55.3% et loisir – 48.7%) débute durant la période hors pointe (9h30-14h30). Les déplacements entrepris pour un motif de loisir (Figure 6.26d) ont aussi un noyau d'activités de longues durées débutant durant la période de pointe AM. Ces déplacements sont associés à des activités de loisir de type fixe, par exemple des individus se rendant à un centre de jour. Le loisir est également le seul motif à générer une part d'activité significative après 17h00, c'est-à-dire 12.2%. Ce sont des activités de courtes durées. Peu d'activités débutent durant la période de pointe PM (14h30-16h30)

ce qui peut s'expliquer par le fait qu'à cette heure, la majorité des déplacements est générée par des retours au domicile.

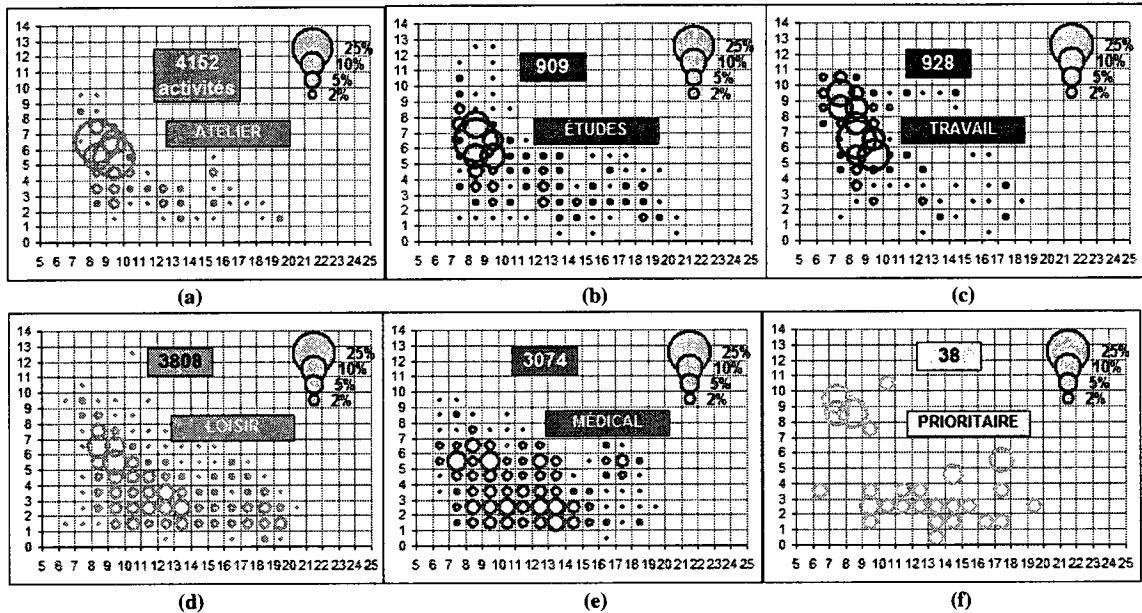


Figure 6.26 : Répartition des activités en fonction du motif (100%) [X : Heure d'arrivée ; Y : Durée de l'activité (h)]

6.3.3 Modélisation catégorielle des déplacements

L'analyse catégorielle exploratoire précédente, basée majoritairement sur la mise en relation, pour chaque groupe d'usagers de sa position dans le cycle de vie et de sa socio-démographie avec sa consommation de déplacements spécifique, laisse présager que ce type de profilage a un véritable pouvoir explicatif en ce qui a trait aux comportements de déplacement. La prochaine étape nécessite ainsi une « réduction instruite de l'information » (Banos, 2001) afin de cerner quelles caractéristiques sociodémographiques de la clientèle possèdent un pouvoir explicatif significatif en ce qui a trait à la génération et la distribution de la demande de déplacement.

6.3.3.1 Modèle de génération de déplacements

6.3.3.1.1 Variables explicatives : indicateurs intégrés au modèle

Afin de cerner quelles caractéristiques sociodémographiques de la clientèle possèdent un pouvoir explicatif significatif en ce qui a trait à la génération de la demande de déplacement, une première modélisation catégorielle de la demande individuelle de déplacement a été testée. Les variables explicatives intégrées au modèle sont les suivantes : cohortes d'âge, déficience, sexe, langue de communication, motif principal de déplacement et localisation du domicile. L'effet potentiel de la localisation du domicile est pris en compte par l'intermédiaire de la distance entre le centre-ville et le domicile. Quant au motif principal de déplacement, il est dérivé selon la procédure suivante pour chaque individu :

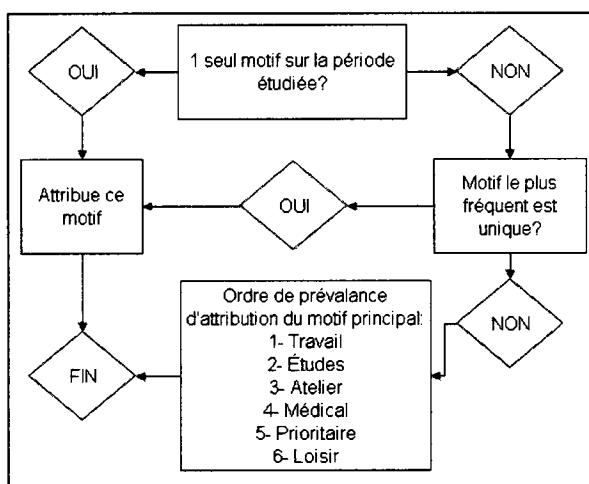


Figure 6.27 : Procédure de dérivation du motif principal de déplacement

6.3.3.1.2 Modèle

Le modèle testé est une simple régression linéaire qui s'exprime sous la forme suivante :

$$y_i = \alpha + \sum_{k=1}^k \beta_k X_{ik} + \sum_{j=1}^j \gamma_j D_{ij} + \xi_i$$

où

y_i = taux de déplacement quotidien pour l'individu i (Tous motifs),

α = constante,

$\mathbf{X} = k \times 1$ vecteur de variables explicatives continues,

$D = j \times 1$ vecteur de variables explicatives *dummies* [0 ou 1],
 β et γ = vecteurs de coefficients à estimer.

$$y_i = \frac{\sum_j t_{ij}}{J}$$

où

t_{ij} = nombre total de déplacements faits par la personne i le jour j

J_i = nombre de jours durant la période à l'étude

Les statistiques descriptives sommaires concernant la variable à l'étude (taux de déplacement quotidien individuel) sont les suivantes :

Tableau 6.4 : Statistiques descriptives sommaires – Taux de déplacement quotidien individuel

Statistiques sommaires, utilisant les observations 1 - 5905 pour la variable « TAUDEX » (5905 observations valides)	
Moyenne	1.1221
Médiane	1.0000
Minimum	0.00000
Maximum	4.2500
Écart type	0.68992
C.V.	0.61482
Asymétrie	0.60251
Ex. aplatissement	-0.49969

Les variables indépendantes ont également été testées deux à deux pour détecter toute source de corrélation. Aucune corrélation ne dépasse 48% et uniquement trois couples sont corrélés à plus de 20%. Le recours à ce type de modèle est évidemment très discutable étant donné le type de données utilisées. Les limitations concernent surtout les points suivants :

- La variable à expliquer (y) prend la forme d'un taux. Un taux est habituellement continu mais ici, le taux de déplacement se limite à l'ensemble des valeurs discrètes $\{t_{ik}\}$ où t_{ik} représente le nombre de déplacements effectués par l'individu i durant la période k à l'étude, soit $k=4$ jours.
- Aucune transformation, par exemple logarithmique, n'est apportée au modèle afin d'empêcher que le taux de déplacement prédit par le modèle soit négatif. De tels taux sont incohérents avec la réalité (voir Figure 6.28 b).

- La distribution des données est étalée vers la gauche telle que le signale le coefficient d'asymétrie positif. Un modèle de Poisson, par exemple, serait probablement plus représentatif des données.

Néanmoins, ce modèle simple n'a pas la prétention d'être idéal, mais uniquement de valider l'intuition de classification précédente et de déterminer si certaines variables sociodémographiques ont réellement un pouvoir explicatif avant de poursuivre l'analyse de manière plus approfondie.

Tableau 6.5: Modèle linéaire du taux de déplacement quotidien individuel – Tous motifs

Taux de déplacement quotidien individuel -TOUS MOTIFS				
	% d'observations	Coefficient	t de Student	p. critique
CONSTANTE	0.6227		4.6224	0.0000
DEFICIENCE				
Motrice	50.81	-0.0550	-2.4195	0.0156
Intellectuelle	25.90	0.3559	11.5961	0.0000
Autres	0.56	0.3554	3.7815	0.0002
Visuelle	5.57	-0.0664	-1.8900	0.0588
Psychique	5.13	0.0765	2.0277	0.0426
Organique	12.23			Référence
SEXE				
Féminin	59.32	-0.0436	-3.0901	0.0020
Masculin	40.68			Référence
LANGUE DE COMMUNICATION				
Français	71.97	-0.0961	-6.2667	0.0000
Anglais	27.96			Référence
AGE				
AGE <15	0.81	-0.2049	-1.4237	0.1546
AGE 15-19	1.03	-0.0846	-0.6056	0.5446
AGE 20-24	3.67	0.4508	3.5085	0.0005
AGE 25-29	4.18	0.4497	3.5315	0.0004
AGE 30-34	4.32	0.4901	3.8542	0.0001
AGE 35-39	6.08	0.4835	3.8441	0.0001
AGE 40-44	7.18	0.4906	3.9180	0.0001
AGE 45-49	8.38	0.4459	3.5726	0.0004
AGE 50-54	8.65	0.3434	2.7564	0.0059
AGE 55-59	8.23	0.3470	2.7851	0.0054
AGE 60-64	7.28	0.2641	2.1163	0.0344
AGE 65-69	6.74	0.2016	1.6127	0.1069
AGE 70-74	7.38	0.1592	1.2762	0.2019
AGE 75-79	8.70	0.1355	1.0898	0.2759
AGE 80-84	9.21	0.1272	1.0239	0.3059
AGE 85-89	5.79	0.0272	0.2166	0.8285
AGE 90-94	2.03	0.0029	0.0224	0.9821
AGE 95-99	0.30			Référence
MOTIF PRINCIPAL DE DEPLACEMENT				
Médical	34.9	-0.0922	-0.7291	0.4660
Loisir	30.7	-0.0144	-0.1142	0.9051
Atelier	21.73	0.3233	2.5350	0.0113
Travail	5.03	0.4845	3.7348	0.0002
Études	5.52	0.2026	1.5574	0.1194
Prioritaire	0.29			Référence
Aucun déplacement	1.83	-1.0196	-7.5265	0.0000
LOCALISATION DU DOMICILE				
Distance au centre-ville		-0.0007	-0.5463	0.5849

Le modèle, qui explique près de 44% de la variabilité avec un écart-type pour le taux de déplacement de 0.52 déplacement/jour, est fidèle aux intuitions et permet de relever certaines tendances statistiquement significatives. Ces tendances sont comparées aux données afin de valider la cohérence entre ce qui est mesuré (le modèle) et ce qui est observé (les données) :

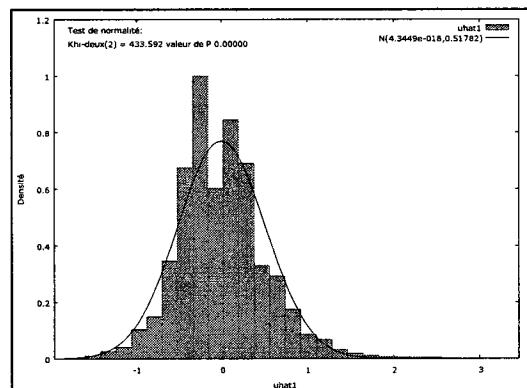
- [Modèle] La clientèle souffrant d'une déficience intellectuelle se déplace plus souvent que la clientèle de référence (déficience organique) alors que la clientèle ayant une limitation motrice se déplace moins que la clientèle ayant une déficience organique. Selon les données, la clientèle organique serait celle qui se déplace le moins avec un taux de déplacement quotidien individuel moyen de 0.83 versus 0.93 pour les déficients moteurs et 1.74 pour les déficients intellectuels.
- [Modèle] Les femmes se déplacent un peu moins que les hommes tout comme les francophones se déplacent moins que les anglophones. Ceci est validé par les données (voir sections 6.3.2.5 et 6.3.2.6).
- [Modèle] Les 30-44 ans consomment le plus de déplacements. Ensuite, plus la clientèle vieillit, moins elle se déplace. Selon les données, la consommation de déplacements commence à décliner un peu plus tard, c'est-à-dire après 50 ans (voir Figure 6.7).
- [Modèle] Les clients ayant une activité obligatoire comme motif de déplacement principal, en particulier le travail ou un atelier, tendent à se déplacer davantage. Le Tableau 6.6, qui fournit les taux de déplacement quotidiens individuels moyens en fonction du motif principal de déplacement, valide cette information.

Tableau 6.6 : Taux de déplacement quotidien individuel moyen en fonction du motif principal de déplacement (NS : Non significatif dans le modèle)

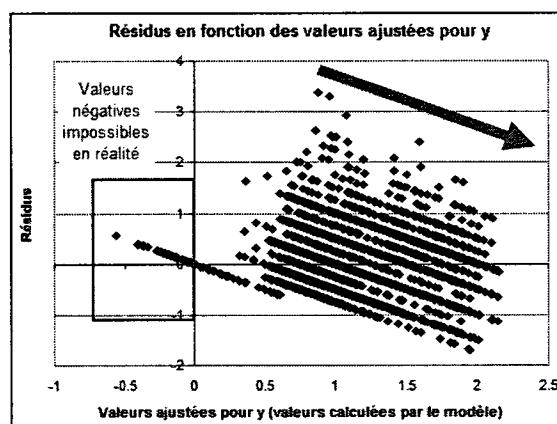
MOTIF PRINC	Taux moyen	#clients
Atelier	1.69	22.1%
Travail	1.72	5.1%
Études (NS)	1.48	5.6%
Loisir (NS)	0.97	31.3%
Médical (NS)	0.81	35.5%
Prioritaire (NS)	0.94	0.3%
		5802

Il ressort ainsi que le type de déficience, le genre, la langue, l'âge ainsi que le statut principal sont tous, à divers niveaux, des éléments qui seraient significatifs dans la caractérisation de la demande de transport adapté. Néanmoins, ces interprétations préliminaires des résultats ne peuvent être généralisées étant données les limitations du modèle énoncées ci-haut. De plus, l'analyse des résidus n'est pas entièrement concluante telle que l'illustre la Figure 6.28:

- Les résidus suivent une loi normale, ce qui est souhaitable (Figure 6.28a).
- Par contre, lorsque mis en relation avec les valeurs prédites par le modèle, les résidus présentent une tendance particulière, ce qui indique que la variance n'est pas constante et que le modèle n'est probablement pas valide sous cette forme (Figure 6.28b).



(a) Distribution des résidus



(b) Résidus en fonction des valeurs prédites par le modèle

Figure 6.28 : Analyse des résidus du modèle de génération de déplacements

L'étude du taux de déplacement pourrait également être faite en fonction du motif de déplacement (travail, études, atelier, loisir, médical) afin de mettre à jour certaines relations propres à chaque sous-marché.

6.3.3.2 Modèle de distribution des déplacements

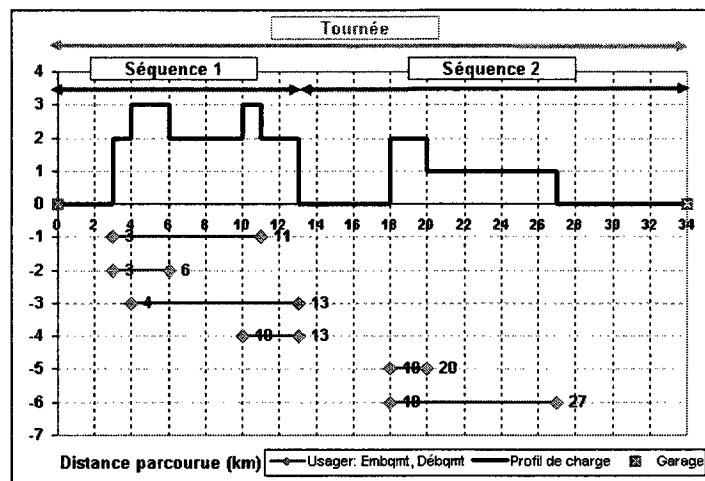
Le modèle précédent s'est attardé à mettre en lumière l'impact de certaines variables sociodémographiques (âge, sexe, déficience, motif principal, etc.) sur la génération individuelle de déplacements à chacune des étapes du cycle de vie. Le système d'activité soutenu par le service de transport adapté engendrant indéniablement des coûts, un deuxième modèle mesure l'impact des caractéristiques sociodémographiques, des comportements de mobilité et des patrons d'organisation de l'offre sur le coût individuel total en termes de véhicules-kilomètres.

6.3.3.2.1 Indicateur de coût individuel (variable à expliquer)

Le coût engendré par chaque usager sur le réseau est évalué à partir des véhicules-kilomètres consommés. Pour l'ensemble des usagers voyageant sur une même séquence, le coût total de la séquence est redistribué équitablement entre tous les usagers en fonction de leur consommation respective. Une séquence est un segment d'une tournée définie pour chaque profil de charge non nul (de 0 occupant à 0 occupant). Une séquence inclut également le kilométrage mort effectué de manière à pouvoir assurer les déplacements des occupants (voir Figure 6.29). L'indicateur du coût individuel de déplacement se définit ainsi :

$$ICI = \frac{DD_i}{\sum_{i=1}^n DD_i} \times DTot_k$$

où ICI = Indicateur du coût individuel de déplacement (véh-km)
 DD_i = Distance de déplacement de l'individu *i* sur la séquence *k*
 DTot_k = Distance totale de la séquence *k*, incluant le kilométrage mort pour les véhicules de type minibus.



Usager _i	Séquence _k	DD _i (km)	Somme(DD _i) (km)	DD _i / Somme(DD _i)	DTot _k (km)	ICl _k (km)
1	1	8	23	0.35	13	4.5
2	1	3	23	0.13	13	1.7
3	1	9	23	0.39	13	5.1
4	1	3	23	0.13	13	1.7
Total k=1		23		1.00		13.0
5	2	2	11	0.18	21	3.8
6	2	9	11	0.82	21	17.2
Total k=2		11		1.00		21.0

Figure 6.29: Définition de l'indicateur ICI par un exemple pour une tournée en minibus

6.3.3.2.2 Variables explicatives : indicateurs intégrés au modèle

En plus des variables sociodémographiques (type de déficience, cohorte d'âge, sexe, langue de communication), d'autres variables explicatives susceptibles d'expliquer les comportements de mobilité et l'organisation de l'offre ont été intégrées au modèle. Elles sont brièvement détaillées ci-après.

Indicateurs d'organisation de l'offre

L'indicateur choisi pour représenter le niveau d'optimisation/regroupement dans l'organisation de l'offre est basé sur le **nombre maximal de clients voyageant simultanément sur une même séquence** (donc trois pour la séquence 1 et deux pour la séquence 2, Figure 6.29). Néanmoins, cet indicateur est biaisé étant donné qu'il ne permet pas de distinguer sur quelle proportion de la séquence ce maximum est observé.

Un indicateur de regroupement, basé sur le nombre moyen de clients voyageant simultanément sur une même séquence et pondéré en fonction du kilométrage parcouru, serait sans doute plus représentatif et plus juste. Ainsi, pour la séquence 2 :

$$\frac{2 \text{ km} * 2 \text{ clients} + 7 \text{ km} * 1 \text{ client}}{9 \text{ km}} = 1.22 \text{ clients}$$

La **part de déplacements faits en minibus** est également intégrée au modèle afin d'établir si le type de véhicule utilisé a un impact sur le coût des déplacements.

Indicateurs d'accessibilité

Le coût des déplacements est potentiellement lié à l'étendue de la zone spatiale au sein de laquelle les déplacements sont réalisés. Pour tenir compte de l'impact de l'accessibilité sur le coût des déplacements, le **rayon moyen des déplacements** est intégré au modèle :

$$\bar{\rho}_i^k = \frac{\sum_{i=1}^N DD_i}{N}$$

où $\bar{\rho}_i^k$ = Rayon moyen des déplacements effectués par l'individu i (km)
 DD_i = Distance d'un déplacement pour l'individu i
 N = Nombre de déplacements effectués par l'individu i sur la période k

L'effet potentiel de la localisation du domicile est également pris en compte par l'intermédiaire de la **distance entre le domicile et le centre-ville**.

Indicateurs de mobilité

Finalement, quatre indicateurs permettent de caractériser la mobilité individuelle:

- motif principal de déplacement (défini à la section 6.3.3.1);
- durée totale d'activité hors domicile;
- part de déplacements faits en pointes AM et PM;
- nombre total de déplacements.

6.3.3.2.3 Modèle

Le modèle utilisé est une régression log-linéaire qui s'exprime sous la forme suivante :

$$\log(y_i) = \alpha + \sum_{k=1}^k \beta_k X_{ik} + \sum_{j=1}^j \gamma_j D_{ij} + \xi_i$$

où y_i = coût individuel total exprimé en véh-km consommés par l'individu i ,

α = constante,

$X = k \times 1$ vecteur de variables explicatives continues,

$D = j \times 1$ vecteur de variables explicatives *dummies* [0 ou 1],

β et γ = vecteurs de coefficients à estimer.

La forme logarithmique a été privilégiée afin de :

- diminuer l'asymétrie de la distribution (Figure 6.30);
- limiter l'importance des individus engendrant un coût individuel très élevé sur les coefficients du modèle, puisque ces individus ne représentent qu'une faible proportion de la population étudiée telle que l'illustre la Figure 6.30a.

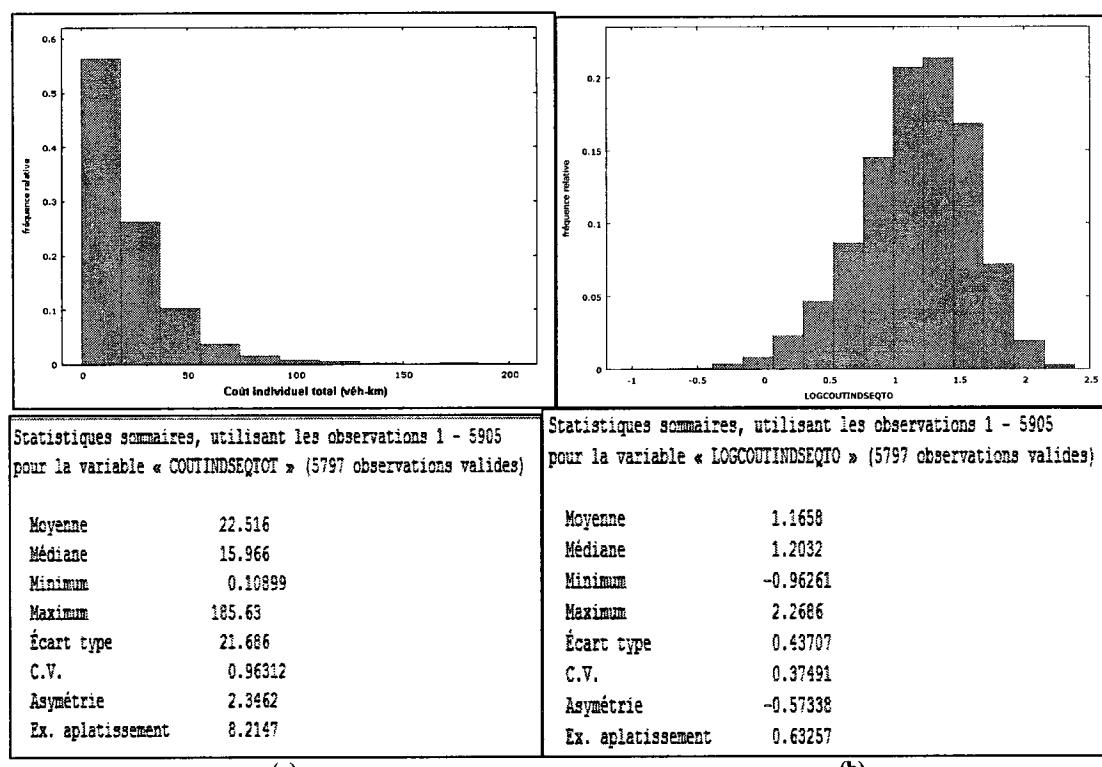


Figure 6.30 : Distribution des individus en fonction (a) du coût total générée en véh-km (b) du log du coût total générée en véh-km

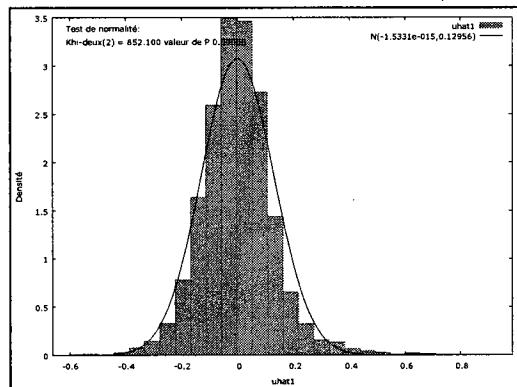
Les variables indépendantes ont également été testées deux à deux pour détecter toute source de corrélation. Aucune corrélation ne dépasse 60% et très peu de couples sont corrélés à plus de 40%.

Tableau 6.7 : Coût individuel total exprimé en véh-km consommés

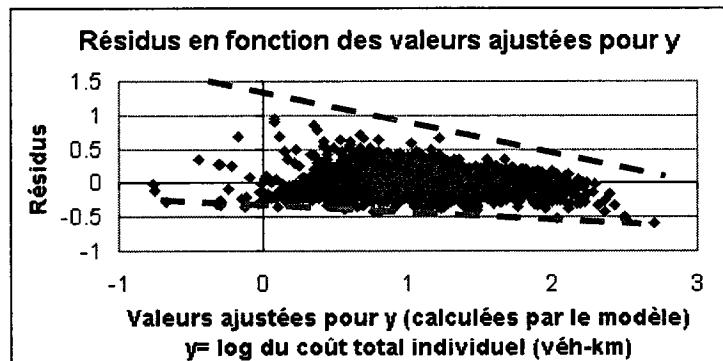
Coût individuel total exprimé en véh-km consommés			
R^2	0.903		
R^2 ajusté	0.903		
s2	0.017		
s	0.13		
n	5392		
	coefficient	t de Student	p. critique
CONSTANTE	0.4592	10.0808	0.0000
DEFICIENCE			
Motrice	-0.0158	-2.5547	0.0107
Intellectuelle	-0.0573	-6.5400	0.0000
Autres	-0.0311	-1.2692	0.2044
Visuelle	-0.0345	-3.6061	0.0003
Psychique	-0.0428	-4.1704	0.0000
Organique		Référence	
SEXE			
Féminin	-0.0021	-0.5533	0.5801
Masculin		Référence	
LANGUE DE COMMUNICATION			
Français	-0.0061	-1.5097	0.1312
Anglais		Référence	
AGE			
AGE <15	0.0540	1.2767	0.2018
AGE 15-19	0.0353	0.9657	0.3343
AGE 20-24	0.0394	1.2130	0.2252
AGE 25-29	0.0509	1.3860	0.1128
AGE 30-34	0.0371	1.1597	0.2462
AGE 35-39	0.0160	0.5063	0.6126
AGE 40-44	0.0244	0.7729	0.4386
AGE 45-49	0.0194	0.5850	0.5586
AGE 50-54	0.0221	0.7068	0.4797
AGE 55-59	0.0250	0.7993	0.4241
AGE 60-64	0.0310	0.9881	0.3231
AGE 65-69	0.0232	0.7368	0.4601
AGE 70-74	0.0327	1.0441	0.2965
AGE 75-79	0.0166	0.5328	0.5942
AGE 80-84	0.0137	0.4396	0.6602
AGE 85-89	0.0030	0.0949	0.9244
AGE 90-94	-0.0017	-0.0524	0.9582
AGE 95-99		Référence	
MOTIF PRINCIPAL DE DÉPLACEMENT			
Médical	0.0003	0.0090	0.9928
Loisir	-0.0070	-0.2154	0.8295
Atelier	0.0117	0.3537	0.7236
Travail	0.0141	0.4193	0.6750
Etudes	0.0220	0.6557	0.5121
Prioritaire		Référence	
LOCALISATION DU DOMICILE			
Distance au centre-ville	0.0017	5.0219	0.0000
COMPORTEMENTS DE MOBILITE/ORGANISATION DE L'OFFRE			
Log (Rayon moyen de déplacement)	0.8562	155.7866	0.0000
Nombre total de déplacements	0.0945	67.0493	0.0000
Part de déplacements faits en pointes AM/PM	0.0101	1.5115	0.1307
Durée totale d'activité hors domicile	0.0007	-1.5500	0.1212
Part de déplacements faits en minibus	0.2693	44.9833	0.0000
Nombre maximal moyen de clients voyageant simultanément sur les séquences de l'individu	-0.1383	-58.0235	0.0000

Le modèle explique 90% de la variabilité avec un écart-type pour le coût individuel de déplacement de 0.13 véh-km. L'analyse des résidus est relativement concluante telle que l'illustre la Figure 6.31:

- Les résidus suivent une loi normale, ce qui est souhaitable (Figure 6.31a).
- Lorsque mis en relation avec les valeurs prédictes par le modèle, les résidus ne présentent pas de tendance particulière excessive. Néanmoins, une tendance est notable au niveau de l'étendue des valeurs que prennent les résidus (Figure 6.31b). Celle-ci diminue avec l'augmentation des coûts individuels.



(a) Distribution des résidus



(b) Résidus en fonction des valeurs prédictes par le modèle

Figure 6.31 : Analyse des résidus du modèle de distribution des déplacements

Le modèle permet de relever les tendances suivantes :

- [Modèle] La clientèle souffrant d'une déficience intellectuelle est la moins dispendieuse à déplacer alors que la clientèle souffrant d'une déficience organique

est la plus dispendieuse à déplacer. Les données confirment que la clientèle ayant une déficience intellectuelle est la moins dispendieuse à déplacer. Par contre, déplacer un individu ayant une limitation sur le plan moteur ou visuel serait plus coûteux que déplacer un individu souffrant d'une déficience organique.

Tableau 6.8 : Coût moyen d'un déplacement en fonction du type de déficience

DÉFICIENCE	# dépl.	Coût moyen (véh-km)
Autres	0.8%	3.75
Intellectuelle	39.6%	3.96
Motrice	41.2%	5.86
Organique	8.8%	5.03
Psychique	5.3%	4.53
Visuelle	4.2%	5.31
	26517	

- L'âge, la langue et le motif de déplacement ne sont pas des variables significativement explicatives.
- [Modèle] Plus un usager habite loin du centre-ville, plus il engendre des coûts élevés. Par contre, l'effet sur le coût est moindre que celui engendré par d'autres variables. Un usager habitant à 25 km du centre-ville vs 0 km engendre un coût de 10% supérieur [10(0.0017*25) -100]. Ceci est validé par les données (voir Figure 7.15c).
- [Modèle] Les comportements de mobilité et les patrons d'organisation de l'offre expliquent grandement le coût engendré:
- Plus le rayon de déplacement moyen est grand, plus les coûts sont élevés. Ceci est validé par les données (voir Figure 7.15a).
- Nombre de déplacements: Plus le client se déplace, plus il coûte cher. Ceci est validé par les données (voir Figure 7.15b, d).
- Part de déplacement en minibus: Plus la part de déplacements en minibus est élevée, plus le client coûte cher. Ceci est validé par les données (voir Tableau 2.6 et Figure 7.22).

- Plus les clients sont regroupés, c'est-à-dire plus le nombre maximal de clients voyageant simultanément est élevé, moins le déplacement individuel coûte cher. Ceci est validé par les données (voir Figure 6.32).

Ainsi, la proximité du domicile par rapport au centre-ville et le type de déficience sont les caractéristiques sociodémographiques les plus explicatives. Néanmoins, ce sont certains comportements de mobilité individuelle ainsi que certains patrons d'organisation de l'offre qui expliquent le mieux le coût engendré : nombre total de déplacements, rayon moyen des déplacements, part de déplacements en minibus (versus taxi) ainsi que le regroupement de la clientèle pour les déplacements. Ces interprétations préliminaires des résultats ne peuvent évidemment pas être généralisées. Par contre, si les liens entre coût et nombre de déplacements ou entre coût et rayon moyen de déplacement sont relativement intuitifs, il est intéressant de constater que :

- Le coût des déplacements en minibus est effectivement beaucoup plus important que le coût des déplacements en taxi tel qu'explicite au Tableau 2.6 et à la Figure 7.22.
- La minimisation de la capacité résiduelle des véhicules permettrait une diminution des coûts (Figure 6.32).

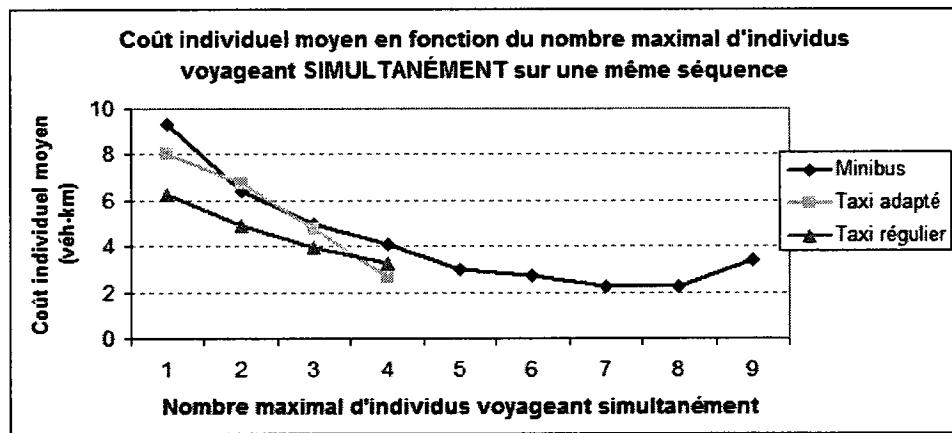


Figure 6.32: Coût individuel moyen d'un déplacement (vén-km)

6.4 Variabilité comportementale

À plus long terme, l'objectif est également d'étudier la similarité dans les comportements de déplacements des usagers. La littérature traitant des concepts de variabilité et de régularité dans les comportements de déplacements est assez exhaustive (Bayarma et al., 2007; Hanson & Huff, 1982; Joh et al., 2005; Keuleers et al., 2001; Kitamura et al., 2005; Pas, 1988; Pendyala, 2003a; Schlich, 2001). Malgré tout, Bayarma et al. (2007) constatent qu'il y a peu de consensus : selon les indicateurs choisis, les conclusions des différentes études portant sur la variabilité/similarité sont très différentes. Ceci est dû en majeure partie à l'hétérogénéité de la taille des échantillons, des formats de données, des méthodologies utilisées et des pays concernés (Bayarma et al., 2007) ainsi qu'au faible nombre d'ensembles de données multi-jours disponibles (Schönfelder, Axhausen et al., 2002). À Montréal, « l'approche totalement désagrégée s'est peu penchée sur les données à caractère régulier et cyclique car les analyses touchent habituellement le concept de 'jour moyen de semaine' obtenu des enquêtes origine-destination » (Trépanier, Chapleau et al., 2005). Avec uniquement quatre jours de données, les variations cycliques tout comme l'évolution de la demande ne peuvent pas être caractérisées. Par contre, certains indicateurs peuvent renseigner sur la régularité comportementale catégorielle et individuelle.

6.4.1 Fidélité individuelle envers les lieux

L'échantillon utilisé dans cette étude limite l'analyse des différents types de fidélité. Entre autres, l'effet du vendredi tout comme l'effet du type de jour (par exemple, un individu associé à un lieu tous les lundis ou tous les deux lundis) ne sont pas mesurables. Néanmoins, en fonction de l'échantillon disponible (quatre jours de données), trois types de clients peuvent être dérivés :

- non-récurrent : tous les lieux associés au client l'ont été uniquement pour une journée;
- fidèle : tous les lieux associés au client l'ont été durant deux jours ou plus;

- mixte : le client est associé à certains lieux non-récurrents et à certains lieux auxquels il est fidèle.

Tel que l'illustre la Figure 6.33, les clients fidèles sont majoritairement des clients dont le motif principal de destination est associé à des activités fixes (atelier, études, travail), alors que les clients non-récurrents ont un motif principal de destination associé à des activités davantage flexibles (médical, loisirs) ou occasionnelles (motif prioritaire).

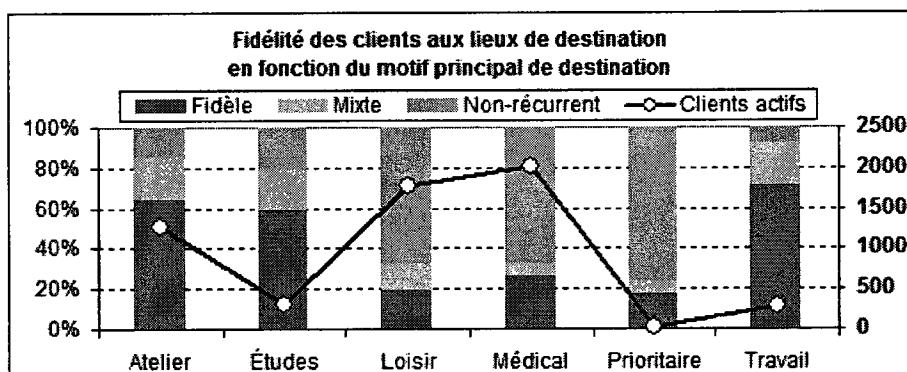


Figure 6.33 : Fidélité aux lieux de destination en fonction du motif principal de destination

6.4.2 Variabilité : composantes interpersonnelle et intra-personnelle

La variabilité totale observable dans les comportements de déplacement peut également être quantifiée en fonction de deux composantes : la variabilité interpersonnelle et la variabilité intra-personnelle. Les variabilités interpersonnelle et intra-personnelle observent les variations dans les comportements de transport, respectivement entre différents individus et pour un même individu à travers le temps et l'espace. Uniquement les enquêtes multi-jours réalisées auprès de la même cohorte peuvent étudier la variabilité intra-personnelle.

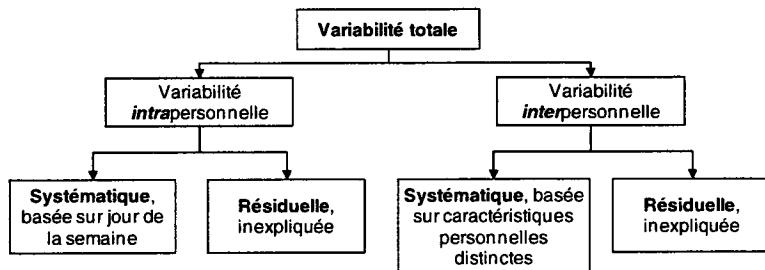


Figure 6.34 : Cadre méthodologique pour mesurer la variabilité dans les déplacements (Pas, 1987 in Pendyala, 2003)

En ce qui concerne la variabilité interpersonnelle des usagers du transport adapté, si tout était égal et régulier, chaque jour devrait générer 25% des déplacements, puisque la période est constituée de quatre jours. Or, certains jours engendrent davantage de déplacements (voir Figure 6.35). Ainsi, le lundi est habituellement le jour le moins achalandé. Les très jeunes usagers et les personnes âgées présentent également une plus grande variabilité dans leurs déplacements quotidiens que les 25-59 ans.

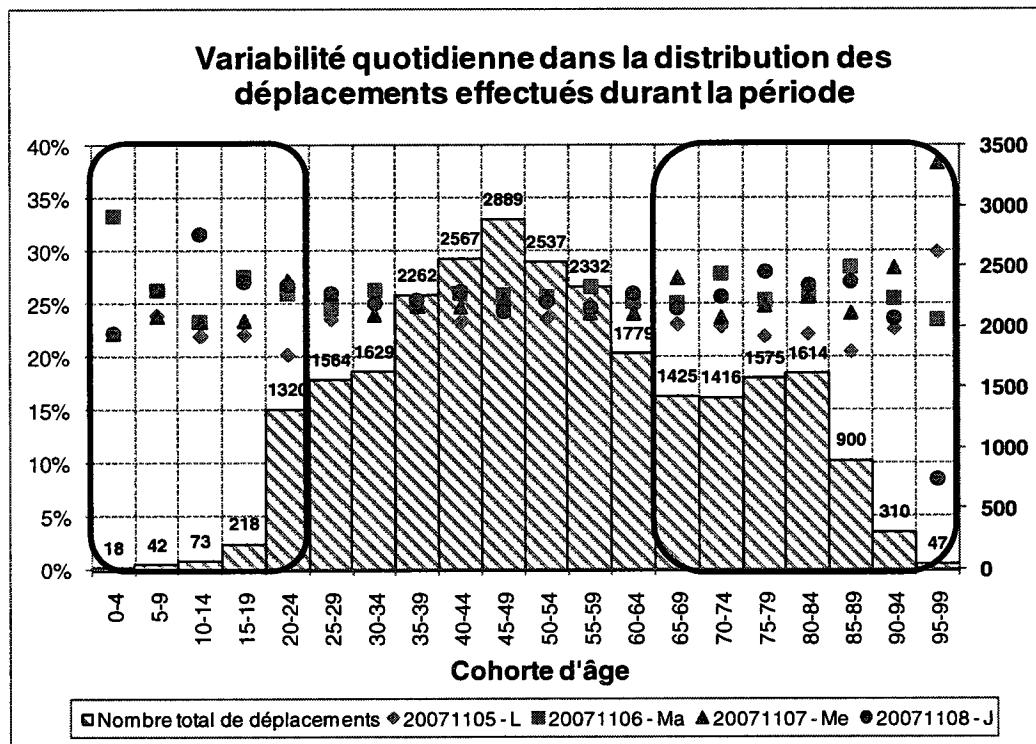


Figure 6.35 : Variabilité interpersonnelle et catégorielle dans les déplacements effectués

Globalement, la proportion de la clientèle active (5802 clients) se déplaçant quotidiennement est relativement stable : chaque jour, entre 53% et 58% des clients actifs se déplacent. Si une distinction est faite en fonction de la cohorte d'âge, il apparaît nettement que les jeunes cohortes (20-59 ans) surpassent ces taux quotidiens moyens alors que les cohortes plus âgées (60 ans et plus) ont des taux quotidiens en deçà des moyennes journalières (voir Figure 6.36).

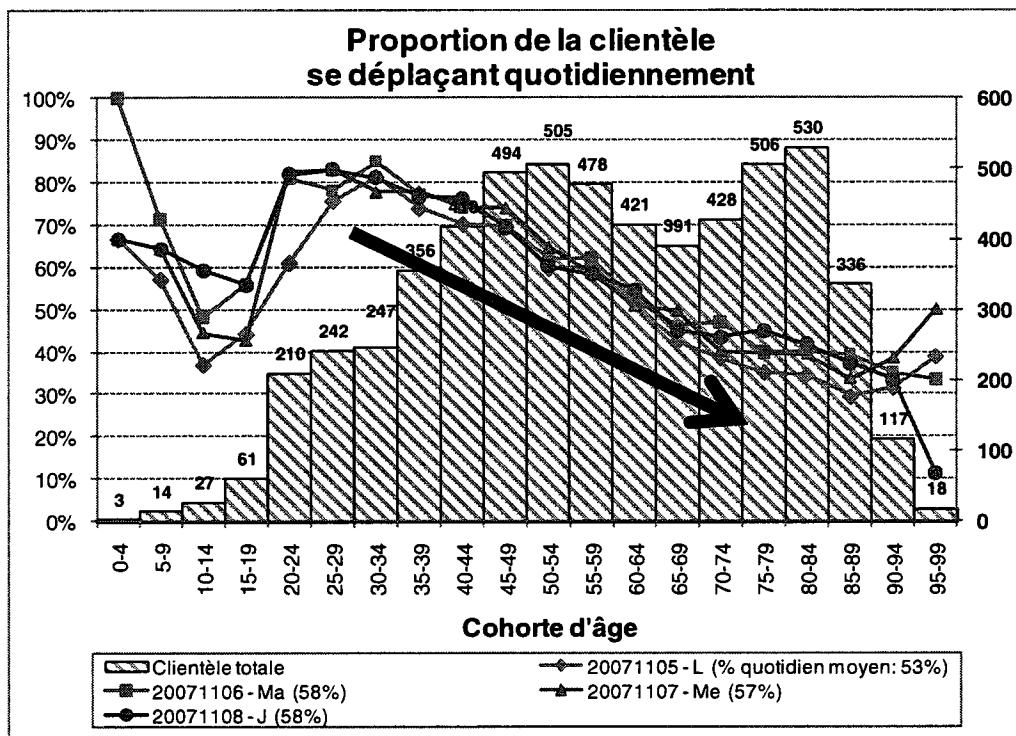


Figure 6.36 : Variabilité interpersonnelle - Effet de l'âge sur la consommation de déplacements

6.4.2.1 Pistes d'analyse

En ce qui a trait à la variabilité intra-personnelle, Hanson & Huff (1986), Pas (1983) ainsi que Clarke & Jones (1988) ont tous développé un indice de similarité (voir Schlich, 2001). Toujours selon Schlich, le principal désavantage de ces indices est qu'ils ne permettent pas de prendre en compte l'ordonnancement de la chaîne de déplacements. Une méthode prometteuse serait celle basée sur l'alignement séquentiel (Wilson, 1998) qui mesure la similarité en fonction de la distance de Levenshtein. Cette distance mesure

initialement la similarité entre deux chaînes de caractères. Cette distance peut être généralisée et adaptée afin de mesurer la variabilité entre l'ordonnancement des déplacements constituant une chaîne de déplacements individuels. Elle devient ainsi égale au nombre minimal de déplacements qu'il faut supprimer, insérer ou remplacer pour passer d'une chaîne de déplacements à l'autre (http://fr.wikipedia.org/wiki/Distance_de_Levenshtein). À chaque opération est associé un coût fixé par l'analyste. La distance de Levenshtein est égale à la somme des coûts associés à chaque opération. Cette distance peut autant être mesurée pour mesurer la similarité intra-personnelle qu'interpersonnelle. La distance de Jaro mesure également la similarité entre deux chaînes de caractères en se basant sur le nombre de caractères correspondants ainsi que sur le nombre de transpositions nécessaires. La distance de Jaro-Winkler est une variante de la distance de Jaro qui introduit un poids particulier afin de tenir compte de la similarité des quatre premiers caractères (http://fr.wikipedia.org/wiki/Distance_de_Jaro-Winkler).

L'université du Maryland développe également de nombreux outils interactifs et visuels permettant de découvrir des patrons catégoriels temporels ainsi que d'étudier la similarité comportementale entre les différents individus au sein de grandes bases de données. Bien que tous ces outils soient développés avec la perspective d'étudier des données médicales, les méthodes employées sont transposables à n'importe quelle analyse de grands ensembles de données individuelles comportementales, telles que les données de transport adapté. Quatre de leurs outils sont brièvement décrits ci-dessous. Une analyse plus détaillée de leurs fonctionnalités et de la littérature associée serait sans aucun doute très pertinente. Tout d'abord, *TimeSearcher* (1, 2 et 3) permet d'effectuer une analyse exploratoire visuelle de séries de données temporelles (<http://www.cs.umd.edu/hcil/timesearcher/#ts1>). *Hierarchical Clustering Explorer* permet de déterminer le nombre adéquat de clusters représentant de manière significative les données par exploration visuelle (<http://www.cs.umd.edu/hcil/hce/>). Ensuite, *Lifelines2* (<http://www.cs.umd.edu/hcil/lifelines2/>) a pour objectif de permettre

l'exploration et la découverte de patrons temporels catégoriels afin de déterminer les relations de cause-à-effet dans la population. Finalement, *Similan* (<http://www.cs.umd.edu/hcil/similan/>) est un outil interactif d'analyse qui permet de trouver les enregistrements temporels catégoriels similaires à un enregistrement cible à partir d'un indicateur de similarité mesuré en se basant sur les différences temporelles ainsi que le nombre d'événements non identiques entre deux enregistrements (Wongsuphasawat & Shneiderman, 2009).

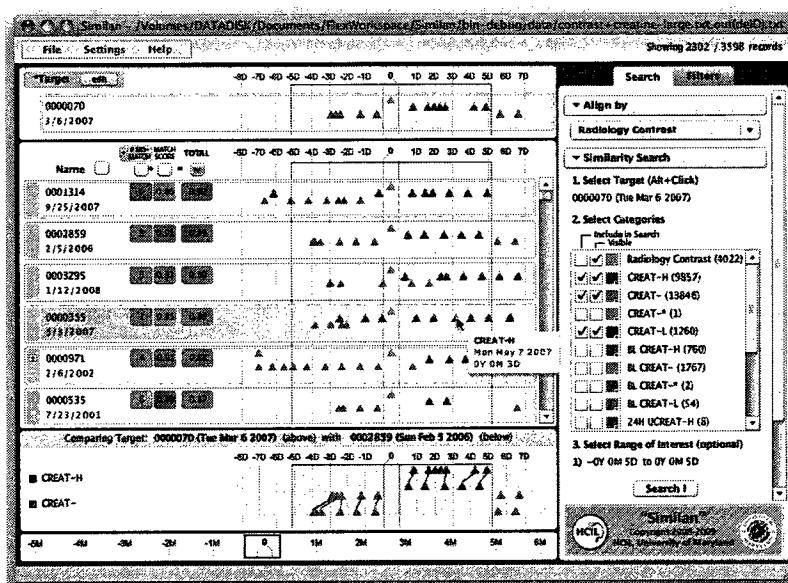


Figure 6.37 : Interface du logiciel Similan

6.4.3 Coproduction : usager – opérateurs

Cette section s'intéresse à mettre en relation la part de la variabilité spatiotemporelle comportementale due à l'organisation quotidienne de l'offre et celle due à des choix de mobilité consciemment effectués par les usagers eux-mêmes.

En planification des transports urbains publics collectifs, la relation de coproduction liant les opérateurs du système à ses usagers est bien connue et se résume assez simplement: sans usagers, il n'y a pas de service et sans service, il n'y a pas d'usagers. Les opérateurs cherchent à minimiser les coûts opérationnels, c'est-à-dire les ressources

impliquées (véhicules-kilomètres, véhicules-heures). Quant aux usagers, ils veulent un système de transport qui répond à leurs besoins : sécuritaire, confortable, rapide, offrant une qualité de desserte, ponctuel, etc. Un compromis doit donc généralement être fait entre les coûts engendrés et la qualité de service offerte pour répondre aux besoins de la clientèle. Le type de système de transport qu'est le transport adapté, c'est-à-dire un système à la demande, ajoute à la complexité d'organisation de l'offre.

Joewono & Kubota (2007) ont trouvé que les expériences négatives (qualité du service, retard, etc.) influencent la satisfaction des usagers du transport adapté et, par le fait-même, leur loyauté envers le service. Le type de données disponibles pour cette étude ne permet pas de statuer hors de tout doute sur la loyauté des usagers, puisque aucune information n'est disponible sur les potentiels déplacements réalisés à l'aide d'un autre mode. Néanmoins, les usagers du transport adapté montréalais sont habituellement reconnus comme étant captifs de ce système de transport et sont donc soumis aux contraintes spatiotemporelles découlant de l'organisation du service pour réaliser leurs déplacements.

Observée globalement, la demande de déplacement quotidienne est spatialement et temporellement comparable. L'organisation de l'offre associée est elle aussi relativement similaire d'un jour à l'autre telle que l'illustrent les statistiques descriptives du Tableau 6.9.

Tableau 6.9: Statistiques descriptives agrégées quotidiennement

	L	M	M	J	4 jours	Moyenne	Ecart type	CV
	2007/11/05	2007/11/06	2007/11/07	2007/11/08				
GLOBAL								
Nombre de clients actifs	3100	3369	3329	3357	5802	3289	127	3.9%
Nombre de déplacements	6215	6858	6660	6784	26517	6629	288.0	4.3%
Nb déplacements moyen/client	2.00	2.04	2.00	2.02	4.57	2.02	0.0	0.8%
Véhicules-kilomètres	30559	34168	33116	32762	130606	32652	1517.1	4.6%
Distribution des déplacements								
Minibus	19.0%	16.3%	17.6%	17.2%	17.5%			
Taxi adapté	11.7%	11.7%	12.3%	12.5%	12.0%			
Taxi régulier	69.3%	62.0%	60.1%	60.3%	60.5%			
Distribution des véhicules-kilomètres								
Minibus	22.1%	19.9%	20.3%	19.7%	20.5%			
Taxi adapté	17.5%	17.7%	18.2%	18.5%	18.0%			
Taxi régulier	60.3%	62.4%	61.5%	61.8%	61.5%			

Une analyse individuelle fine des déplacements permet de mieux cerner quelle part de la variabilité dans la mobilité individuelle est due à l'organisation de l'offre et quelle part est due aux choix des usagers eux-mêmes. Spatialement, ce sont près de 64% des déplacements qui sont effectués plus d'une journée durant la période par le même usager. De ce pourcentage, 56% sont des déplacements également temporellement réguliers, c'est-à-dire réalisés dans une fenêtre temporelle maximale d'arrivée à destination de moins d'une heure.

Tableau 6.10 : Variabilité spatiotemporelle dans la mobilité individuelle

		Lignes de désir	
		Occurrence (Paires OD)	Déplacements
Spatialement réguliers	1 jour	62.6%	36.3%
	2 jours - Heure régulière	13.6%	15.8%
	3 jours - Heure régulière	7.1%	12.3%
	4 jours - Heure régulière	12.1%	28.0%
	<i>Heure régulière - total</i>	32.7%	56.1%
	2 jours - Heure irrégulière	2.2%	2.6%
	<i>Heure irrégulière - total</i>	4.6%	7.5%

Or, en conservant l'hypothèse qu'un déplacement individuel réalisé quotidiennement de la même origine vers la même destination en deçà d'une fenêtre temporelle d'arrivée d'une heure correspond, pour l'usager, à la même demande de déplacement auprès du service de transport adapté, il peut être statué que la variation quotidienne dans l'heure d'arrivée est attribuable à l'organisation du service. Effectivement, les tournées sont quotidiennement organisées en fonction de la demande spatio-temporelle, demande qui varie. Les usagers ne voyagent donc pas nécessairement avec les mêmes individus ni exactement aux mêmes heures bien que, sous une perspective strictement usager, la demande de déplacement est identique. La Figure 6.38 et la Figure 6.39 illustrent respectivement l'influence de l'organisation de l'offre sur la variabilité quotidienne maximale spatiale (distance de déplacement) et temporelle (heure d'arrivée à la destination) pour un individu effectuant plus d'un déplacement de la même origine vers

la même destination. Ainsi, la variation spatiale (distance de déplacement) subie par les usagers est de moins de 1 km dans 61% des cas. En ce qui concerne la variation temporelle (heure d'arrivée), elle est de moins de 15 minutes dans près de 39% des cas et de moins de 30 minutes dans 75% des cas. Le service offert pour un même déplacement effectué plus d'un jour apparaît ainsi relativement comparable.

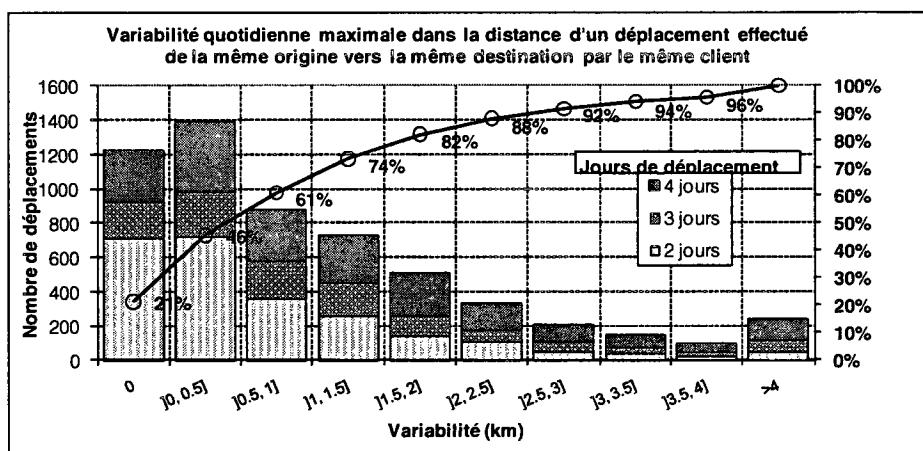


Figure 6.38 : Variabilité quotidienne maximale dans la distance d'un déplacement

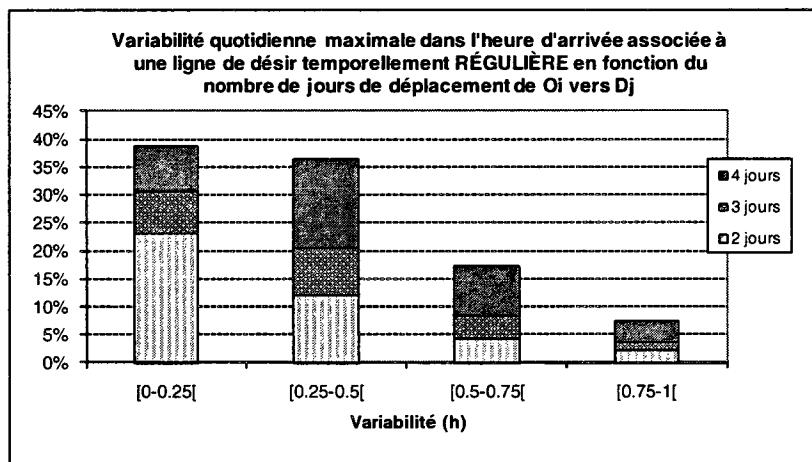


Figure 6.39 : Variabilité quotidienne maximale dans l'heure d'arrivée d'un déplacement temporellement régulier

La Figure 6.40 illustre quant à elle les cas où l'individu visite un même lieu, toujours à partir de la même origine, mais à des heures irrégulières. Tel que noté dans le Tableau 6.10, ceci représente 7.5% des déplacements réalisés durant la période à l'étude. Dans

ce cas, une décision prise par l'individu est probablement responsable de la variation temporelle et non l'organisation de l'offre.

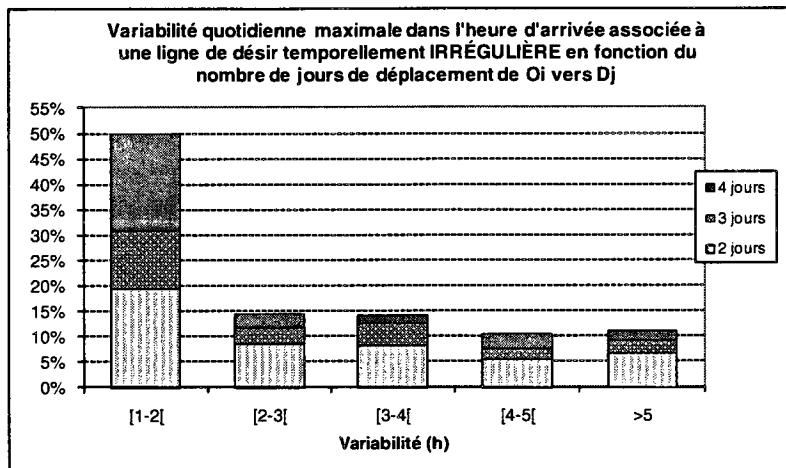


Figure 6.40 : Variabilité quotidienne maximale dans l'heure d'arrivée d'un déplacement temporellement irrégulier

Néanmoins, ce type d'analyse permet de statuer uniquement sur la variabilité subie par les usagers par rapport à l'organisation actuelle de l'offre. Il serait pertinent d'étudier le potentiel d'autres patrons d'organisation de l'offre et de la demande afin d'établir dans quelles mesures l'offre de service peut être adaptée et optimisée spécifiquement en fonction des besoins observés.

6.5 Transport adapté: entre rigidité et flexibilité

D'ailleurs, il y a déjà plus de trente ans, Daganzo (1978) concluait que la modélisation de la demande en transport adapté devait explorer les effets de corrélation entre les origines et les destinations sur la capacité et le niveau de service pouvant être fournis par le système dans les zones de service denses. Il statuait également sur la possibilité de développer un projet étudiant les mérites de chaque type de transport public (plusieurs-à-plusieurs, plusieurs-à-un connecté à un service fixe, lignes de transport collectif spatialement rapprochées, etc.) et améliorant la méthodologie permettant de sélectionner parmi divers systèmes de transports publics alternatifs. Effectivement, à partir du moment où il est constaté que les usagers du transport adapté évoluent dans un contexte

de captivité, il est légitime de se questionner à savoir si le type de service offert est le seul envisageable. Quelle place y a-t-il pour un transport adapté flexible davantage rigide? Pour quels types d'usagers et dans quels secteurs? Peut-on intégrer certains types d'usagers au service régulier? Quels gains procurerait un nouveau type de service?

Une caractérisation de la demande totalement désagrégée orientée-objets est un outil très puissant qui permet d'étudier ces questions. Entre autres, il peut être déterminé précisément quels individus, quelles ressources opérationnelles et quels contextes spatiotemporels sont les plus dispendieux à soutenir. Par exemple, à Montréal, un déplacement en minibus coûte près de deux fois ce que coûte un déplacement en taxi (voir Tableau 2.6). La question qui surgit est : Le choix du minibus versus le taxi est-il justifié pour tous les déplacements effectués en minibus? Ceci est une question complexe qui requiert une analyse plus détaillée, mais une simple catégorisation de la clientèle se déplaçant en minibus révèle nettement que plusieurs usagers seraient en mesure d'être transportés en taxi régulier (voir Figure 6.41). En fait, uniquement la clientèle dite non transférable, c'est-à-dire qui se déplace avec un fauteuil roulant non pliable ou qui ne peut s'asseoir sur un siège passager conventionnel, est captive du minibus. Et encore : cette clientèle peut être transportée en taxi accessible.

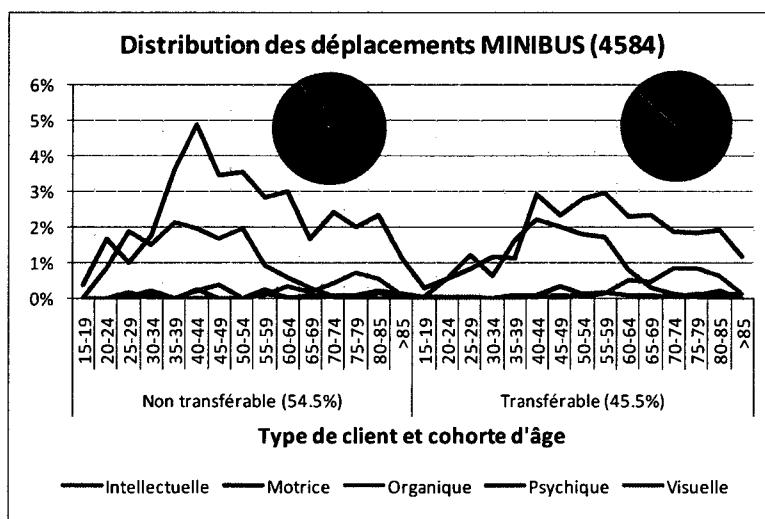


Figure 6.41 : Distribution des déplacements effectués en minibus en fonction du type de client et de l'âge

Considérant l'attrait grandissant des milieux urbains envers tout mode de transport alternatif à l'automobile, le recours à des types de transport davantage flexibles que le transport en commun régulier (avec lignes et horaires), mais aussi parfois plus rigides que le transport adapté dans sa forme actuelle (exclusivement à la demande, porte à porte) est une avenue à explorer. Cela est vrai non seulement pour le transport adapté, mais aussi pour le transport de personnes sans limitations de mobilité. Dionne et al. (2007) expliquent d'ailleurs cette nécessité de « briser la rigidité pour un transport flexible ». D'ailleurs, bien que Montréal ait opté pour un service de transport adapté porte à porte, les services de transport en commun pour les personnes à mobilité réduite ne se limitent pas à ce modèle. Entre un service conventionnel à trajet fixe (*fixed-route*) et un service à la demande (*demand responsive*), il existe plusieurs modes de transport hybrides souvent regroupés sous l'appellation de services de transport en commun flexibles (*flex-route transit*) (Fu, 2002; Koffman, 2004). Les services flexibles ont certains arrêts définis ou un horaire fixe combinés avec certaines des caractéristiques flexibles du service à la demande. L'avantage de tels systèmes est qu'ils peuvent à la fois combler les besoins du public général et des personnes à mobilité réduite en un seul système. Ainsi, aux États-Unis et également dans plusieurs municipalités rurales, le service de transport à la demande est souvent offert conjointement aux deux types de population (avec et sans handicap limitant la mobilité) de manière à optimiser le service et à minimiser les coûts (Nelson\Nygaard Consulting Associates, TWJ Consulting et al., 2007; Weiner, 2008). Évidemment, avant de pouvoir conclure sur le potentiel d'un système de transport adapté alternatif, les comportements de mobilité, le système d'activité ainsi que l'organisation de l'offre de transport doivent être finement cernées.

CHAPITRE 7: ANALYSE DYNAMIQUE ET COMPARATIVE TOTALEMENT DÉSAGRÉGÉE DES LIEUX D'ACTIVITÉ

« *L'espace-temps [est] complexe et changeant. Connaître le lieu et le moment, pour déclencher le mouvement, tel est le fondement d'un transport public de voyageurs attentif aux palpitations du territoire, organisme vivant irrigué en permanence par des mobiles urbains toujours plus exigeants.* » (Banos, 2001)

Les pôles d'activité majeurs constituent de véritables instigateurs de mouvement (Thevenin, 2001). L'analyse du système d'activité de la clientèle du transport adapté trahit les besoins relativement distincts de cette clientèle par rapport à ceux de la population montréalaise globale. En transport adapté, les ateliers spécialisés, les centres de loisir, les hôpitaux/CLSC/CHSLD, les centres communautaires ainsi que certaines institutions scolaires sont les types de lieux attirant et générant quotidiennement le plus de déplacements à l'intérieur du système de transport.

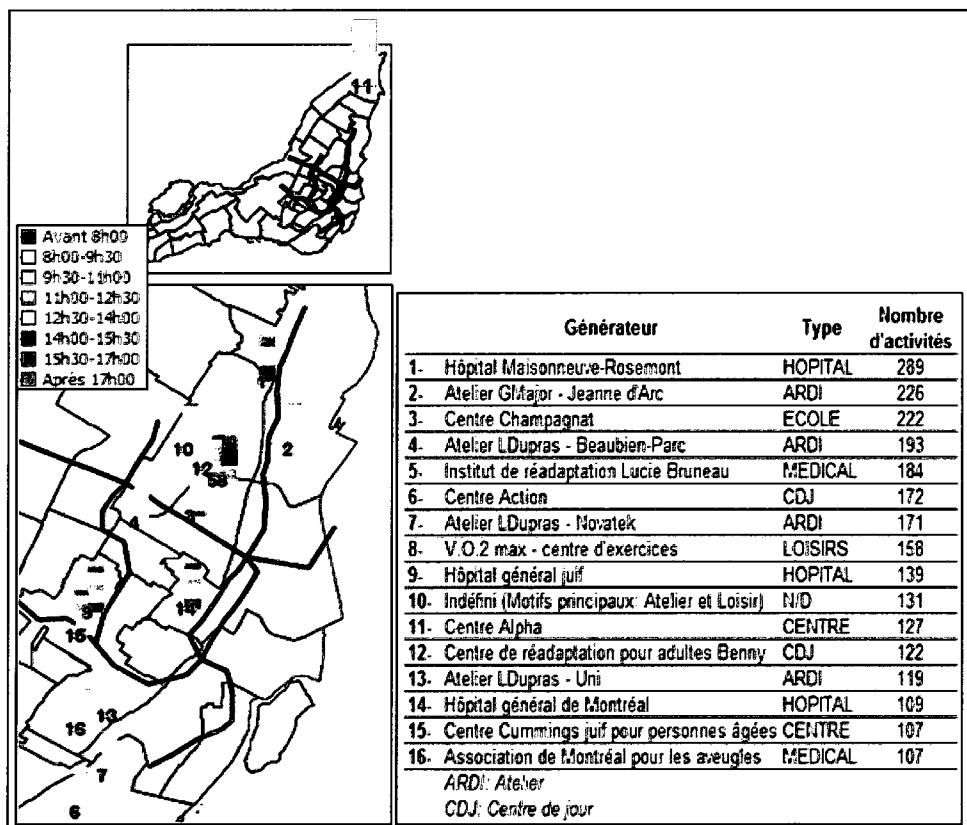


Figure 7.1 : Plus grands lieux d'activité et répartition des heures d'arrivée (5 au 8 novembre 2007)

Malgré que certains pôles d'activité soient similaires de par leur fonctionnalité première (ateliers, soins de santé, écoles), il ne peut initialement être supposé que le profil spatiotemporel et sociodémographique de ces générateurs soit comparable. L'approche totalement désagrégée permet d'établir sous quels aspects se ressemblent et se distinguent les plus importants générateurs, en caractérisant finement chacun d'eux dans leurs dimensions:

- sociodémographique : portrait de la clientèle (âge, sexe, langue, déficience);
- temporelle : heures de fréquentation, durée des activités, fidélité des usagers, variabilité comportementale selon le type de jour;
- spatiale : bassin d'attraction;
- opérationnelle : ressources véhiculaires consommées, motif de l'activité.

Ainsi, contrairement à une approche agrégée où les lieux-générateurs de déplacements sont nécessairement caractérisés par la valeur moyenne de la zone spatiale à laquelle ils appartiennent, l'approche totalement désagrégée permet de considérer chaque entité-lieu de manière unique. Si souhaité, l'information peut également être synthétisée, donc agrégée. Bien que cette synthèse corresponde à une réduction d'information, elle possède une robustesse unique par rapport à la synthèse découlant de l'approche agrégée. Cette force réside dans la connaissance de l'ensemble des observations individuelles ayant été utilisées dans le processus d'agrégation. La représentativité statistique des données ayant servi à l'agrégation peut ainsi être dérivée en tout temps.

Ce chapitre s'attarde donc à caractériser les générateurs de déplacements dans leur individualité, leur similarité et leur variabilité. Pour ce faire, un outil de visualisation est développé permettant ainsi de caractériser de manière spécifique le profil spatiotemporel et sociodémographique de chaque lieu d'activité. Les lieux générant le plus d'activités, globalement et aussi en fonction de leur typologie fonctionnelle (atelier, santé, institution scolaire, loisir), sont ensuite comparés afin d'établir leurs similarités et leurs différences. Finalement, sous une approche davantage macro, l'impact de la localisation

spatiotemporelle sur les activités réalisées est étudié afin d'observer si certains effets de voisinage sont révélés.

L'intérêt derrière une telle analyse réside dans le souhait de connaître les us et coutumes de mobilité des usagers du transport adapté pour ensuite être en mesure de développer des outils de planification permettant de prévoir la génération des déplacements en fonction des profils lieux-clientèles spécifiques.

7.1 Outil de visualisation

La caractérisation d'un générateur s'inscrit dans un processus informationnel nécessitant la mise en relation des différents objets du système telle que l'illustre la Figure 7.2.

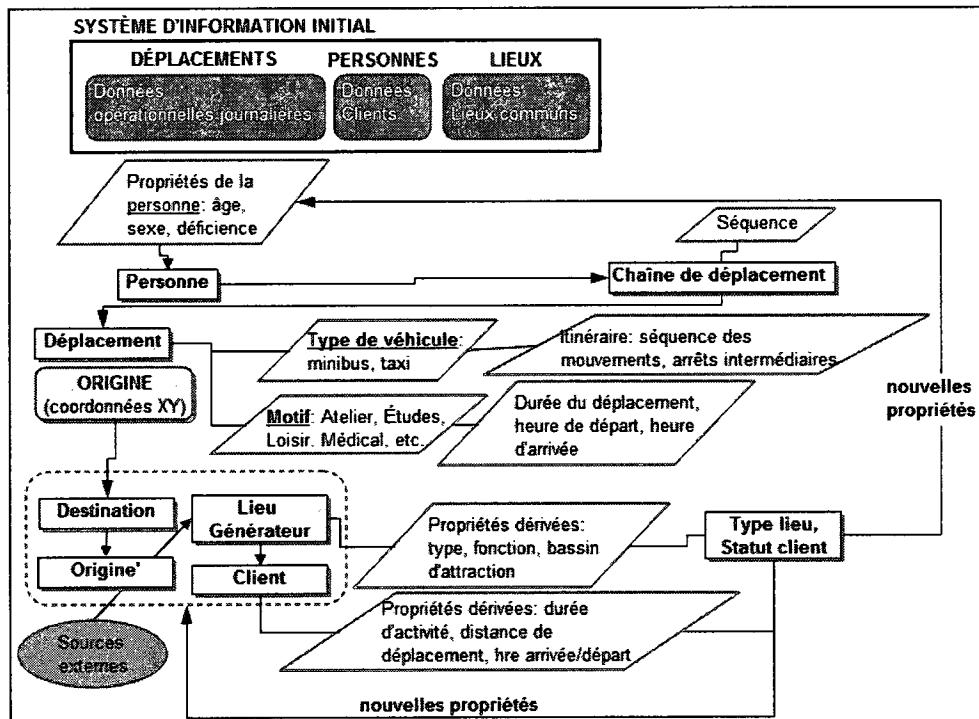


Figure 7.2 : Positionnement du générateur de déplacement dans le traitement totalement désagrégé (Chapleau, 1999)

Ainsi, à partir de l'information initialement disponible dans les tables de données *Adresses communes* et *Déplacements*, les lieux générant des activités ainsi que certains de leurs attributs peuvent être extraits : adresse civique, localisation spatiale fine (XY),

nom du générateur, type de lieu, fonction(s). Cette information est ensuite enrichie par le traitement des relations liant le générateur aux objets suivants :

- PERSONNES se destinant au générateur : la greffe des caractéristiques des personnes à destination du générateur (âge, sexe, langue, déficience, etc.) permet de dresser le portrait sociodémographique de la clientèle attirée par le générateur.
- DÉPLACEMENTS/CHAÎNE DE DÉPLACEMENTS : À chaque activité hors domicile réalisée en un lieu est associée deux déplacements : un déplacement d'accès et un déplacement en partance. La connaissance des heures d'arrivée et de départ, du mode, du motif, de la localisation spatiotemporelle du lieu d'origine à l'accès et du lieu de destination au départ permet de dériver de multiples propriétés associées au lieu d'activité : durées d'activité, occupation temporelle, principaux types d'activité, ressources véhiculaires consommées, bassins d'attraction, etc.

L'outil de visualisation a été développé de manière à permettre l'analyse interactive de cinq dimensions principales du lieu d'activité telles que l'illustre la Figure 7.3 : information générale sur le lieu, caractérisation de la clientèle y réalisant des activités, analyse de son influence spatiale, analyse de son profil d'occupation temporel et caractérisation des ressources véhiculaires consommées.

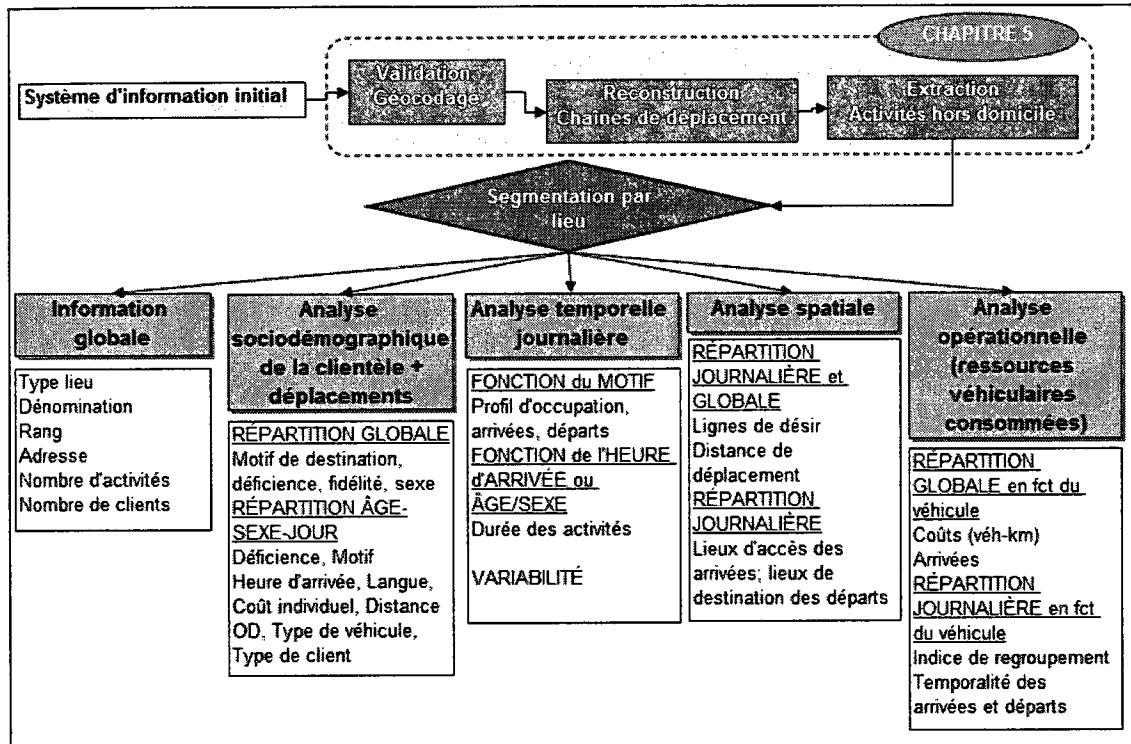


Figure 7.3 : Méthodologie d'analyse spatio-temporelle des lieux d'activité

7.1.1 Portrait global

La première fenêtre fournit une information générale sur le lieu à l'étude (Figure 7.4):

- 1) L'information contenue dans l'encadré supérieure est répétée dans l'ensemble des fenêtres thématiques. Elle identifie le lieu : type, nom, adresse, identificateurs uniques associés aux tables de données ainsi que le jour à l'étude.
- 2) L'analyse des lieux, toujours classés du lieu le plus achalandé au moins achalandé, peut se faire en fonction de différentes variables: nombre d'activités réalisées par jour, motif ou déficience.
- 3) Le lieu est localisé spatialement sur l'île de Montréal et le nombre d'activités quotidiennes est illustré, quantifiant par le fait-même la variabilité quotidienne. Cette information est dédoublée dans l'encadré supérieur afin qu'elle apparaisse dans les fenêtres successives.

- 4) Cette section fournit quelques statistiques descriptives globales concernant le nombre d'activités réalisées ainsi que les individus se destinant au lieu.

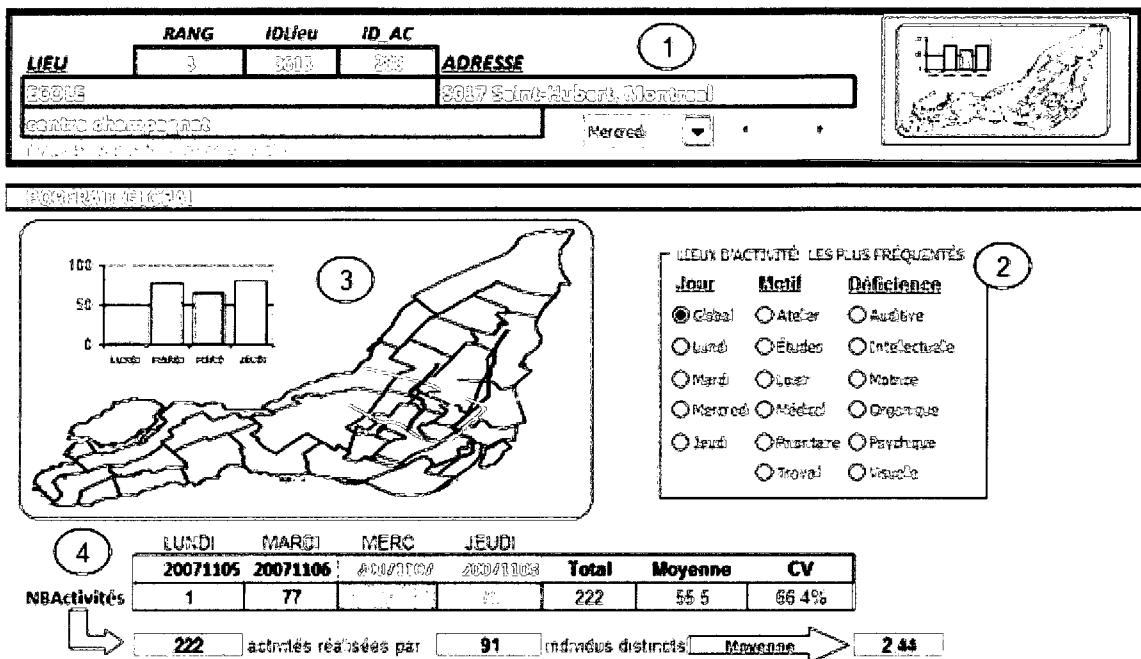


Figure 7.4 : Information globale

7.1.2 Caractérisation de la clientèle

La deuxième fenêtre dresse, dans un premier temps, un portrait global de la clientèle se destinant au lieu en décrivant la répartition des motifs, des déficiences et des genres ainsi qu'en quantifiant la fidélité de la clientèle en fonction du nombre de jours où chaque individu se déplace vers le lieu étudié. Dans un second temps, la clientèle est segmentée en fonction des cohortes d'âge et du genre. La répartition journalière des individus peut ainsi être analysée en fonction de huit variables telles que l'illustre la Figure 7.5.

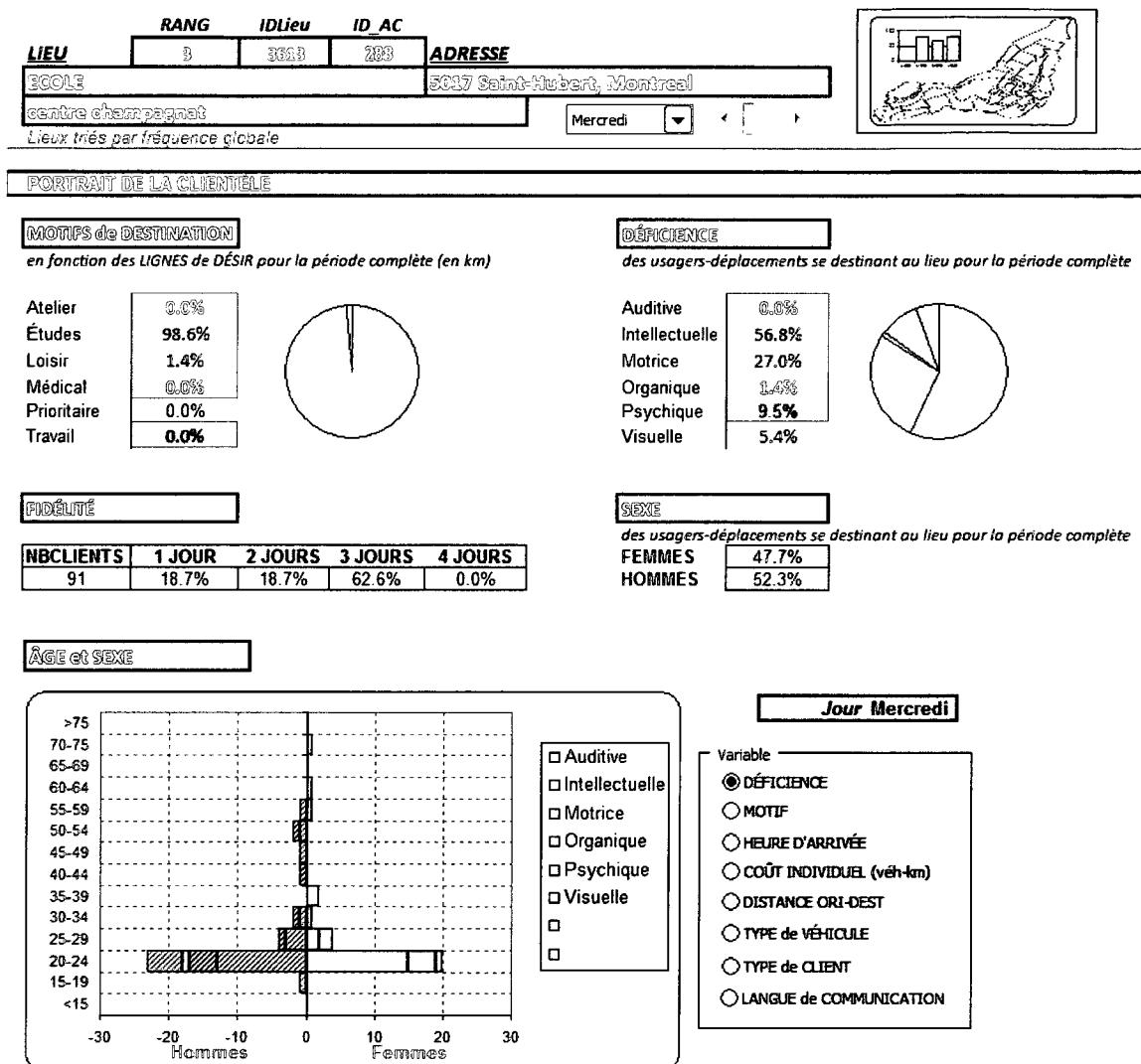


Figure 7.5 : Caractérisation de la clientèle et de leurs déplacements

7.1.3 Influence spatiale

L'analyse spatiale se base sur une désagrégation des origines et des destinations de chacun des déplacements liés aux activités se déroulant au lieu étudié. Les lignes de désir, qui se définissent par la distance directe à vol d'oiseau entre l'origine et la destination d'un même déplacement, permettent de quantifier la zone d'influence spatiale du lieu sur la population du transport adapté. Certains lieux auront ainsi un caractère plus local que d'autres. L'indicateur quantifiant les distances de déplacement

fournit une première appréciation de l'impact qu'a l'organisation du service de transport adapté sur le coût supplémentaire payé par l'usager. Ainsi, l'hypothèse peut être émise que plus la distance de déplacement moyenne se différencie par rapport à la distance directe moyenne (ligne de désir), plus les usagers sont pénalisés dans leurs déplacements. Néanmoins, ces données moyennes peuvent être biaisées par l'existence de données extrêmes. Également, la distance de désir et la distance de déplacement ne sont pas des mesures d'itinéraires calculés sur le réseau routier existant; ces distances peuvent donc être respectivement moindres que le chemin le plus court et le chemin réel.

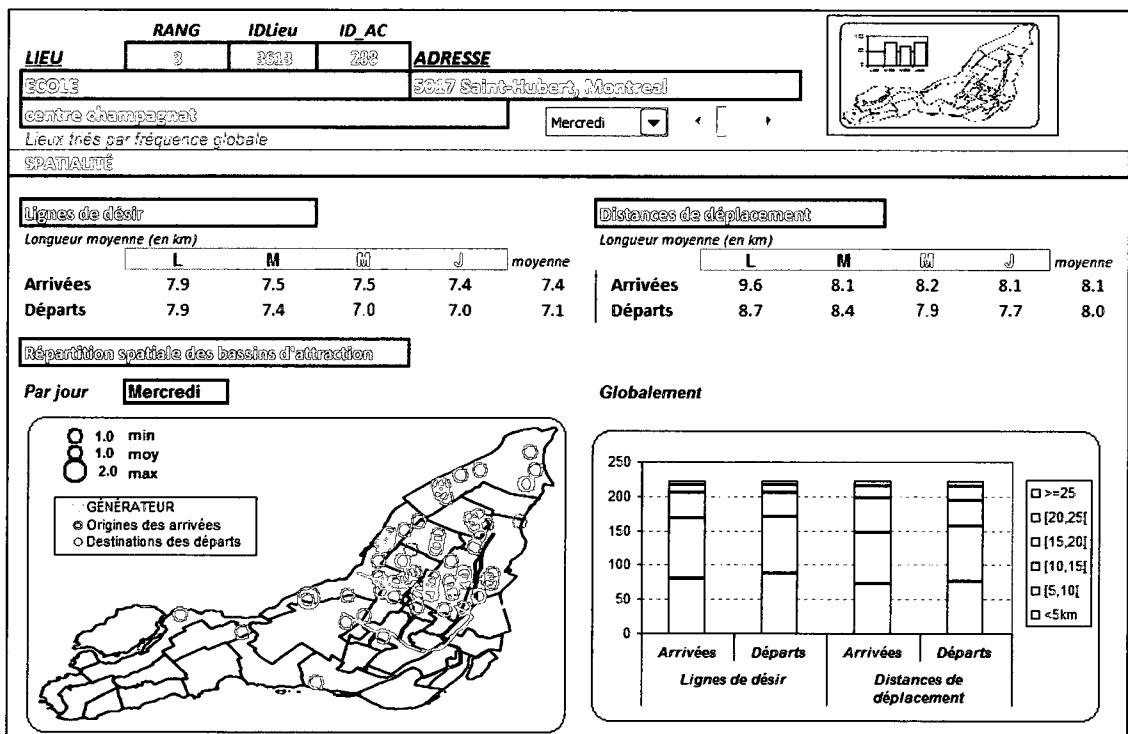


Figure 7.6 : Analyse spatiale

7.1.4 Profil d'occupation temporel

La dérivation du profil d'occupation temporel d'un lieu est permise par le traitement des chaînes de déplacements des individus à destination du lieu (voir section 5.2). La reconstruction du profil d'occupation du lieu permet de caractériser les activités réalisées en fonction du temps: par motif, par heure d'arrivée et de départ, par durée, par type de clientèle (âge sexe). Cette caractérisation permet d'établir les tendances

spécifiques associées à l'occupation du lieu. Ainsi, il devient possible d'identifier une signature caractéristique pour chaque lieu selon que:

- le lieu est associé à des activités davantage fixes et récurrentes (travail, études, ateliers), à des activités flexibles (loisir, médical), est multifonctionnel, a un caractère de jour (avant 17h) ou de soir (après 17h), etc.;
- la variabilité dans la fréquentation du lieu est plus ou moins étendue en ce qui a trait aux durées d'activité, aux heures d'arrivées et de départ, au type de clientèle attirée.

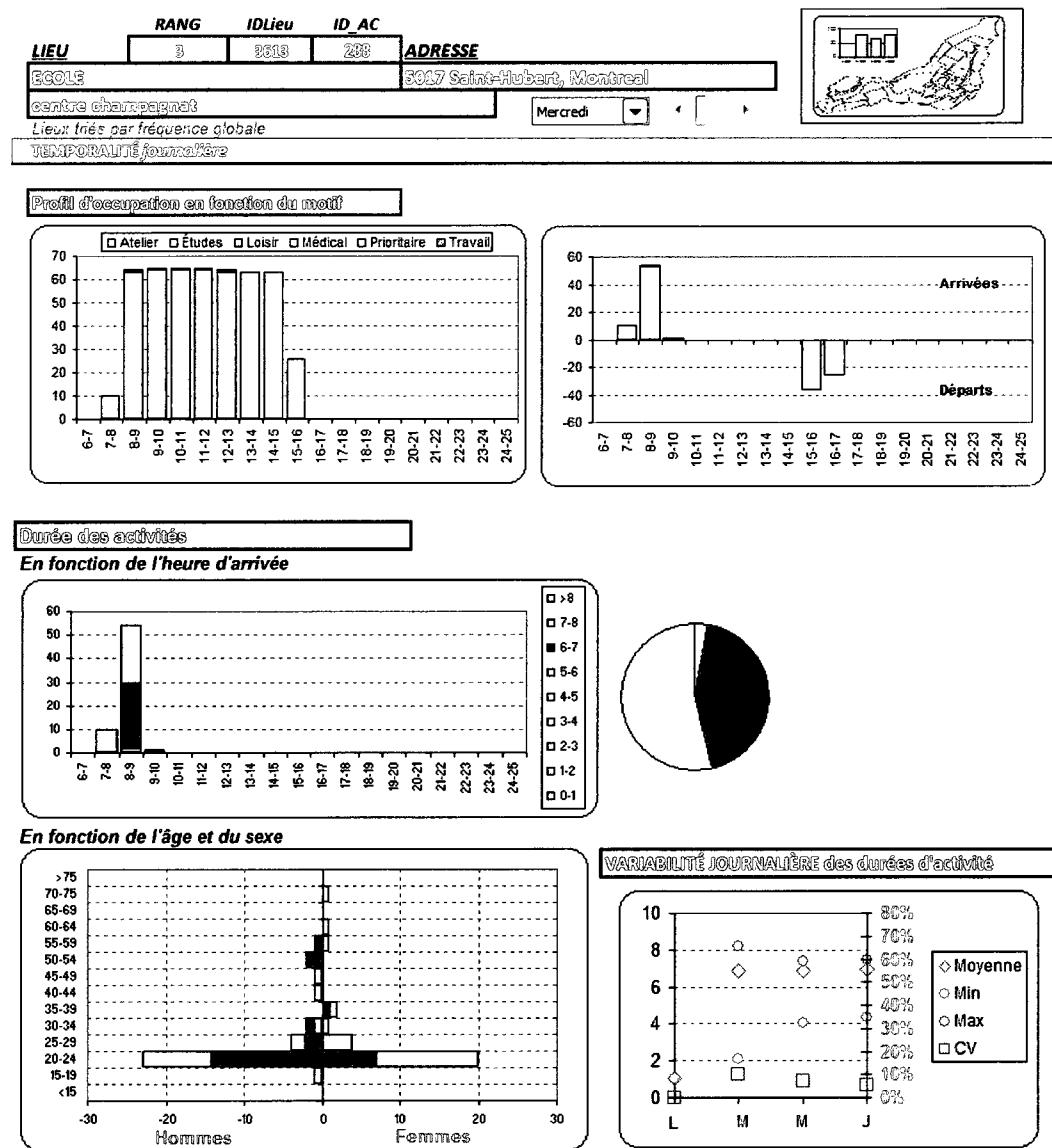


Figure 7.7 : Analyse temporelle journalière

7.1.5 Dimension opérationnelle : ressources véhiculaires consommées

Le système d'activité soutenu par le service de transport adapté engendre des coûts. Ces coûts peuvent être calculés selon différents indicateurs : véhicules-kilomètres parcourus (productifs ou effectifs), véhicules-heures (productifs ou effectifs), etc. Dans le cadre de ce projet, l'indicateur de coût a été mesuré en véhicules-kilomètres effectifs tel que l'expose la section 6.3.3. La caractérisation des ressources véhiculaires consommées est essentielle afin d'établir quels coûts sont engendrés par quels types d'usagers, pour quels types d'activité et vers quels lieux. La caractérisation de l'organisation du service en fonction de chaque lieu permet d'établir un diagnostic en ce qui a trait à l'efficience actuelle de la desserte du lieu par le système de transport. À cette fin, un indicateur de regroupement a été développé. Cet indicateur est calculé pour les arrivées ainsi que pour les départs. Il se définit essentiellement comme :

$$IRA_k^l = \frac{\sum A_k^l}{\sum VA_k^l}, \quad IRD_k^l = \frac{\sum D_k^l}{\sum VD_k^l}$$

où IRA_k^l / IRD_k^l : Indice de regroupement des arrivées/départs au lieu l durant la période k
 A_k , D_k : Arrivées/Départs au lieu l durant la période k
 VA_k , VD_k : Véhicules arrivant/partant du lieu l durant la période k

Plus l'indicateur est élevé, plus les individus arrivant ou partant d'un même lieu sont regroupés pour réaliser leurs déplacements. Une similitude dans les heures d'arrivées et de départs entre les individus d'un même lieu n'est pas nécessairement associée à un plus grand indice de regroupement. Des localisations spatiales très hétérogènes en ce qui a trait aux origines des arrivées ou aux destinations des départs peuvent défavoriser le regroupement. Néanmoins, l'analyse des indices de regroupement, des coûts de déplacement ainsi que de la répartition des types de véhicules utilisés peut permettre d'identifier les lieux les moins efficaces opérationnellement. Des analyses pourraient subséquemment être faites afin d'étudier s'il y a possibilité d'optimiser le service pour ces lieux. La caractérisation des ressources véhiculaires consommées par chaque lieu est

également pertinente afin de prédire la flotte nécessaire à chaque moment de la journée, selon les types de lieux, les types de clientèles ou une zone spatiale spécifique.

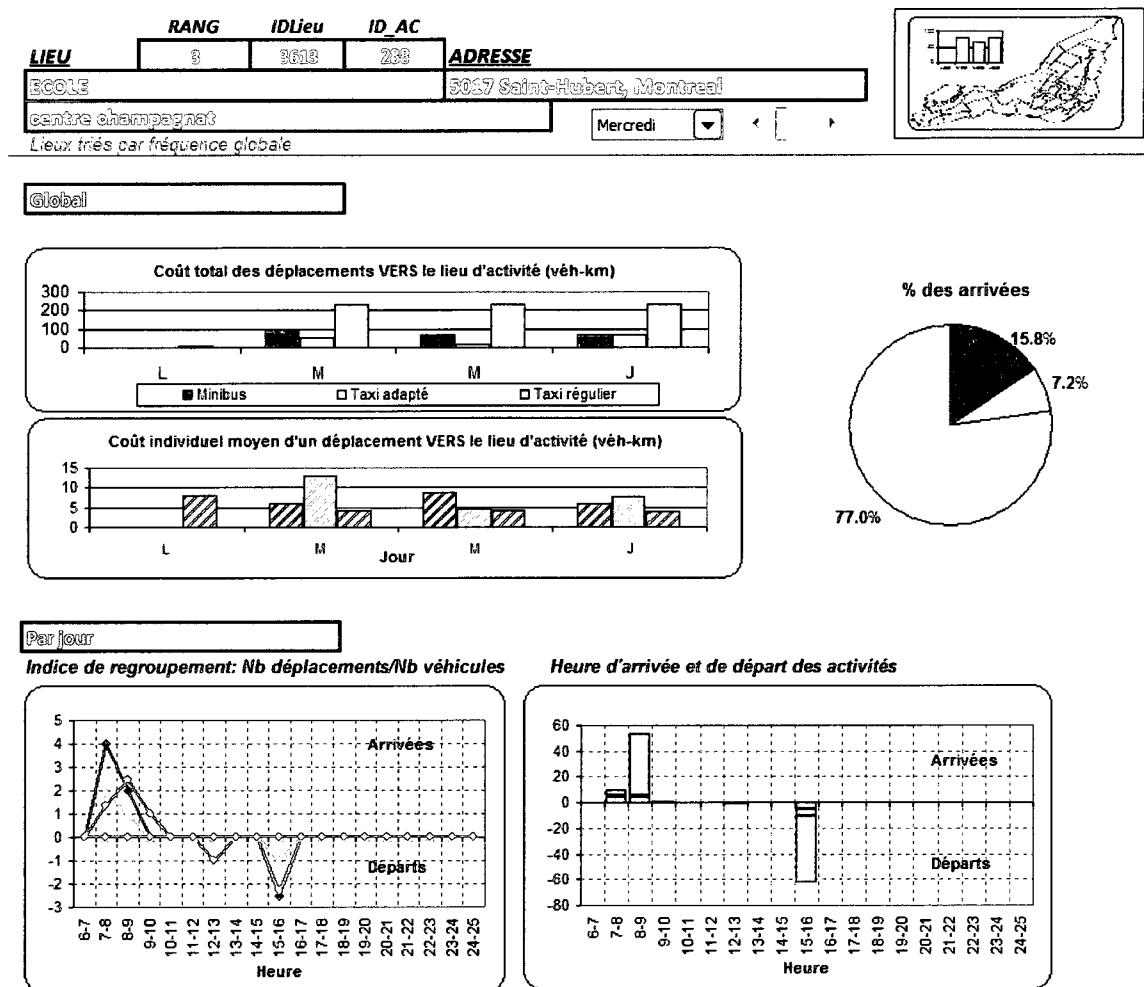


Figure 7.8 : Analyse opérationnelle – Ressources véhiculaires consommées

7.2 Étude comparative des plus grands lieux d'activité

7.2.1 Lieux typologiquement distincts

Les principaux marchés d'activité des usagers du transport adapté peuvent être catégorisés en fonction des cinq motifs de déplacement principaux que sont la participation à des ateliers, les loisirs, les rendez-vous médicaux, le travail et les études.

La Figure 7.9 répertorie le lieu le plus achalandé, durant la période à l'étude, pour chacun des principaux motifs de déplacement.

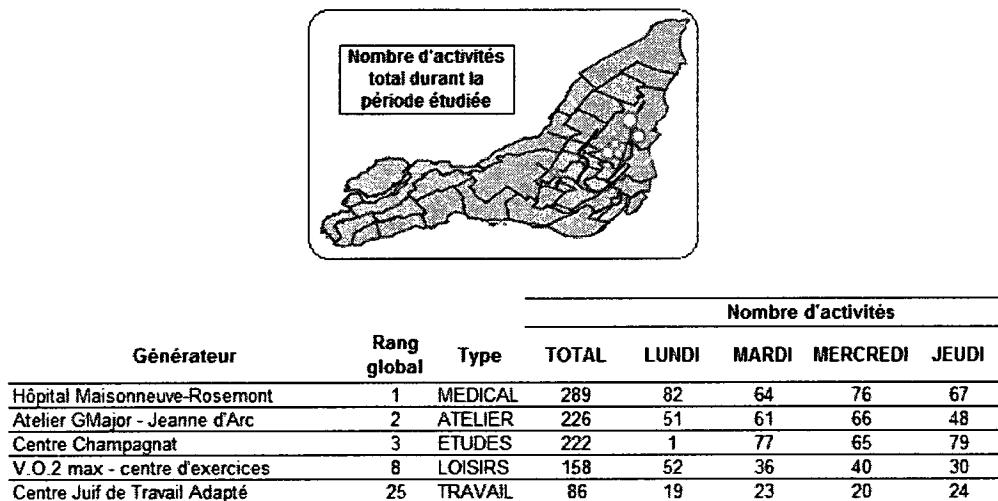


Figure 7.9 : Lieu le plus achalandé pour chacun des motifs principaux de déplacement

À chaque type de lieu est associée une signature bien distincte (voir Tableau 7.1 et Figure 7.10). Ainsi :

- Le motif d'activité ainsi que la déficience des individus sont souvent pratiquement uniques. Les lieux d'études et de travail attirent la clientèle la plus diversifiée en termes de déficience.
- L'âge est un facteur distinctif pour l'hôpital Maisonneuve-Rosemont (MR) ainsi que pour le centre Champagnat qui attirent respectivement une clientèle très âgée et très jeune ce qui est cohérent avec leur fonction principale (médicale et étude).
- Les patrons de régularité et de fidélité sont multiples et varient en fonction du lieu étudié. Une majorité d'individus visite le centre Champagnat trois jours durant la période. Une analyse plus détaillée assistée du visualisateur (voir section 7.1) statue qu'une seule personne s'y est déplacée le lundi. Ceci laisse présager qu'il y a probablement eu un congé. Les individus se déplaçant vers le centre juif sont eux aussi très fidèles, une majorité s'y rendant tous les jours. Cette particularité comportementale tout comme la durée d'activité moyenne d'environ six heures révèlent le caractère fixe des activités de type Études et Travail. La fidélité à

l'atelier Jeanne d'Arc est partagée. Plusieurs autres lieux de type Ateliers possèdent une clientèle plus fidèle. Quant à la clientèle associée à l'hôpital MR, elle s'y déplace majoritairement deux jours durant la période. Finalement, le centre VO2 max attire une clientèle qui apparaît occasionnelle pour de courtes durées en moyenne. Par contre, il est possible que cette clientèle possède en réalité des patrons de régularité bien définis, mais non identifiables à partir des données disponibles. Par exemple, il est impossible de distinguer la fidélité des usagers qui visitent un lieu tous les lundis.

- Les bassins d'attraction sont très variables. Alors que le centre juif de travail adapté attire une clientèle très locale qui, en moyenne, parcourt 2.5 km pour un déplacement en partance ou à destination de ce lieu, l'atelier Jeanne d'Arc attire une clientèle relativement éloignée, en provenance ou à destination majoritairement de l'est et du nord-est de la ville.
- Malgré une zone d'influence élargie, l'atelier Jeanne d'Arc possède le deuxième coût de déplacement (exprimé en véhicules-kilomètres) le plus faible après le centre juif de travail adapté. Ceci laisse présager que les usagers se destinant à ce lieu partagent leur déplacement avec davantage d'individus (se destinant ou non au même lieu).

Tableau 7.1 : Signature distinctive des plus grands lieux d'activité – Statistiques globales

LIEU	NOM	HMR	JEANNE D.	C. CHAMP.	V.O.2 max	C. JUIF
	TYPE	MEDICAL	ATELIER	ETUDES	LOISIRS	TRAVAIL
NBACTIVITÉS	Total	289	226	222	158	86
	Moy/jr	72.3	56.5	55.5	39.5	21.5
	CV	11.4%	14.9%	66.4%	23.5%	11.1%
NBCLIENTS	Total	151	98	91	108	26
	Atelier	0.0%	96.5%	0.0%	5.1%	32.6%
MOTIF	Etudes	0.0%	0.0%	98.6%	0.0%	1.2%
	Loisir	0.0%	1.8%	1.4%	88.0%	19.8%
	Médical	100.0%	0.0%	0.0%	7.0%	0.0%
	Prédictive	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Travail	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	46.5%
	Autres	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	8.1%
DÉFICIENCE	Intellectuelle	0.7%	88.9%	56.8%	0.6%	46.5%
	Motrice	12.1%	4.9%	27.0%	93.7%	34.9%
	Organique	85.8%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%
	Psychique	0.0%	4.9%	9.5%	2.5%	10.5%
	Visuelle	1.4%	0.0%	5.4%	3.2%	0.0%
	SEX	Femmes	55.7%	45.6%	47.7%	40.5%
ÂGE	Moyen	71.4	52.2	29.4	50.0	50.6
	1 JOUR	10.6%	39.8%	18.7%	60.2%	11.5%
FIDÉLITÉ	2 JOURS	88.1%	18.4%	18.7%	34.3%	7.7%
	3 JOURS	0.7%	13.3%	62.6%	4.6%	19.2%
	4 JOURS	0.7%	28.6%	0.0%	0.9%	61.5%
	Distance OD (vol d'oiseau)	Arrivées (moy)	5.8	8.4	7.4	6.5
DISTANCE de déplacement	Départs (moy)	5.8	8.5	7.1	6.5	2.5
	Arrivées (moy)	6.3	9.3	8.1	7.1	3.0
	Départs (moy)	6.3	9.5	8.0	6.9	2.8
COUT arrivées (vél-km)	Total	1350	890	1065	831	159
	Individuel moy	4.7	3.9	4.8	5.3	1.9
TYPE VÉHICULE (arrivées)	Minibus	23.9%	33.2%	15.8%	33.5%	8.1%
	Taxi adapté	5.5%	3.1%	7.2%	13.9%	1.2%
	Taxi régulier	70.6%	63.7%	77.0%	52.5%	90.7%
Durée d'activité	Moyenne	5.2	4.2	6.9	2.7	6.0
	Min	1.2	1.3	1.0	0.8	1.5
	Max	8.1	6.5	8.2	7.4	8.3
	CV	14.5%	36.3%	74.3%	75.7%	25.9%

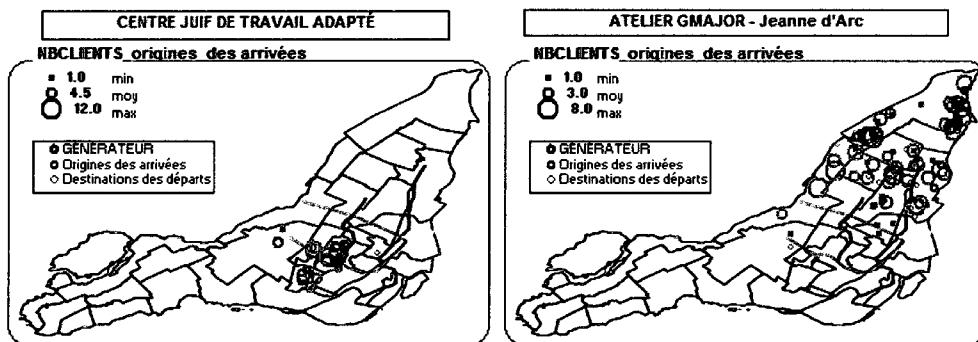
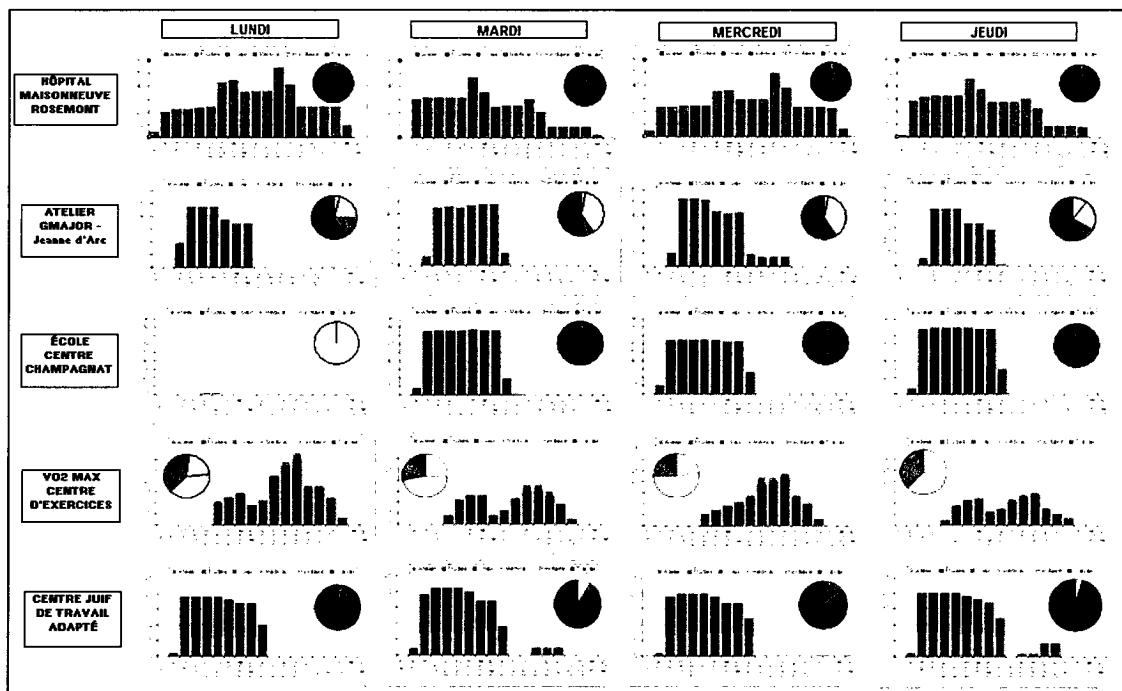


Figure 7.10 : Signature distinctive des plus grands lieux d'activité - Spatialité

Une analyse des profils d'occupation en fonction du lieu, du jour et de l'heure permet de mieux illustrer les patrons temporels. Ainsi, ressort très bien (voir Figure 7.11):

- La fonctionnalité du lieu. Les lieux sont majoritairement uni-fonctionnels à l'exception du centre juif qui est multifonctionnel.
- Les jours atypiques. Il y a probablement eu un jour de congé au centre Champagnat le lundi 5 novembre.
- Le profil d'occupation temporel. Entre 9h et 15h, l'occupation est relativement uniforme pour les lieux associés à des activités fixes, peu importe le jour. Il y a également une association entre les lieux d'activité davantage flexibles (loisir et médical) et les activités tardives (après 19h). Finalement, l'analyse longitudinale d'un lieu permet de relever les patrons autres que ceux hebdomadaires. Ainsi, l'hôpital MR a un caractère bihebdomadaire: le lundi et le mercredi ont une occupation très similaire tout comme le mardi et le jeudi.



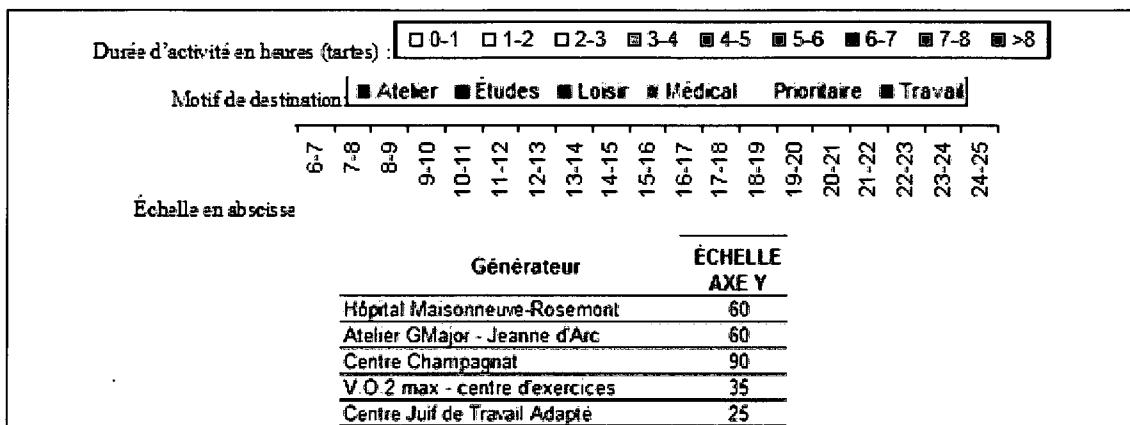


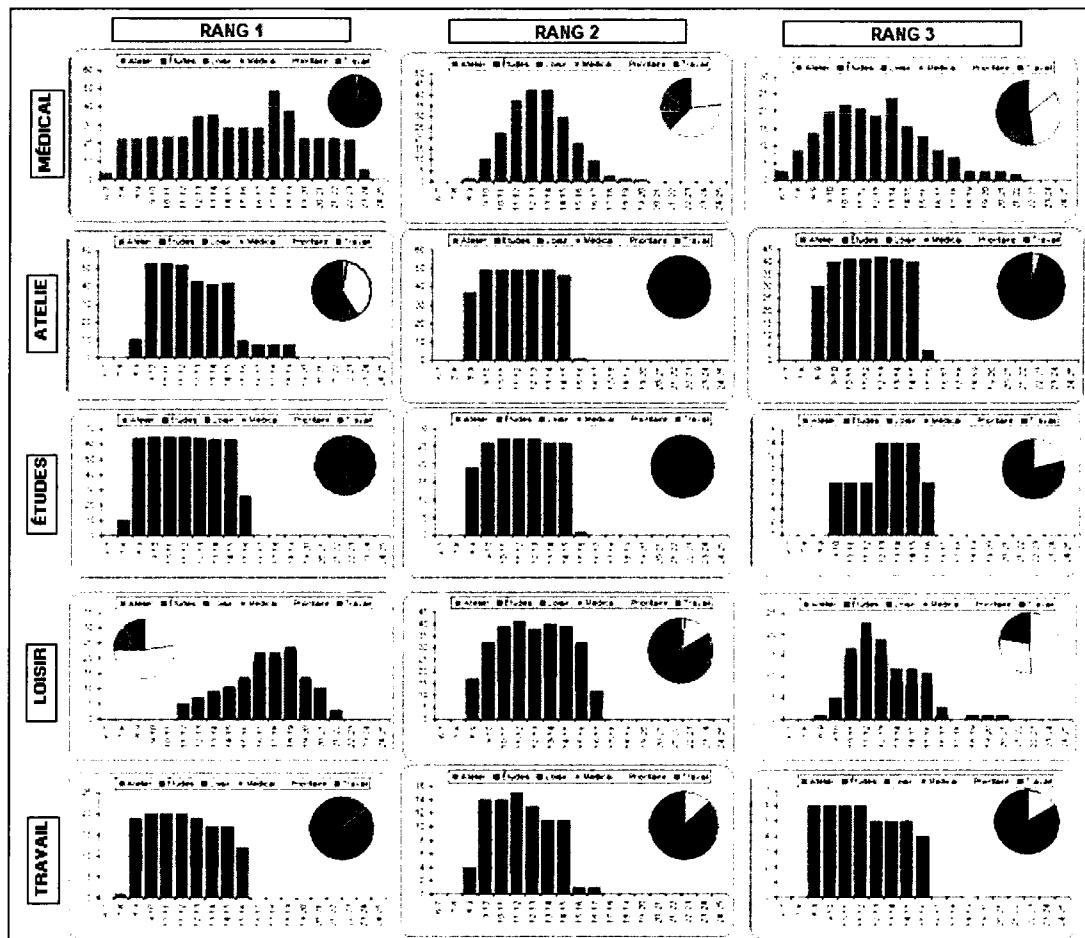
Figure 7.11 : Analyse longitudinale - Profils d'occupation temporels en fonction du lieu, du jour et de l'heure

7.2.2 Lieux typologiquement similaires

L'étude transversale en un point dans le temps permet également de révéler certaines constantes et dissemblances entre différents lieux typologiquement similaires, c'est-à-dire partageant la même fonction principale. L'analyse se fait respectivement temporellement et spatialement pour les trois et cinq lieux attirant, pour chacun des cinq motifs principaux de déplacement, le plus d'activités. Le jour observé est le mercredi 7 novembre. Ainsi, au niveau temporel, ressort très bien (Figure 7.12):

- La fonctionnalité du lieu. Les lieux visités pour motifs Atelier, Études et Médical sont pratiquement uni-fonctionnels alors que les plus grands lieux de Loisir et de Travail sont visités pour d'autres motifs. Ce sont des lieux multifonctionnels.
- Les durées d'activité. Elles sont longues pour les lieux associés à des activités fixes (Ateliers, Études, Travail) et plutôt courtes pour les lieux associés à des activités flexibles (Médical et Loisir).
- Le profil d'occupation temporel. Les lieux d'activité davantage flexibles (loisir et médical) possèdent pour la plupart une répartition temporelle triangulaire (donc un pic d'activité en mi-journée). Ces lieux sont également les seuls à posséder des activités tardives. Néanmoins, certains de ces lieux s'apparentent davantage –au point de vue de la répartition temporelle et de la durée d'activité– aux lieux d'activité

fixes tels que le centre Action. L'hôpital MR a également une répartition temporelle qui lui est propre.

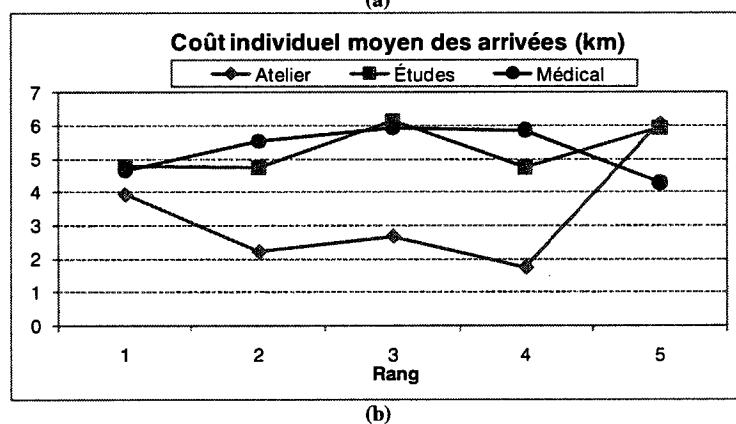
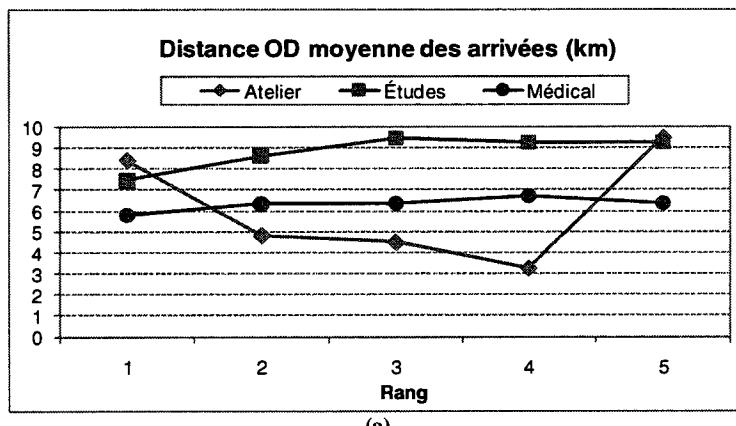


FONCTION	RANG1	RANG2	RANG3
MÉDICAL	hopital maisonneuve -rosemont	lucie bruneau/institut de readaptation	hopital general juif
ATELIER	gmajor/atl/jeanne d' arc 1	ldupras/atl/beaubien-parc	ldupras/atl/novatek
ÉTUDES	centre champagnat	ecole pavillon boileau	ecole Cartier
LOISIR	V.O.2 max (exercices)	centre action	Centre Cummings juif pour personnes âgées
TRAVAIL	Centre Juif de Travail Adapte	Dénomination indéterminée	ecole daniel johnson

Figure 7.12 : Profils d'occupation temporels – Lieux typologiquement similaires

Les zones d'influence spatiale ainsi que les coûts individuels moyens associés aux lieux majoritairement uni-fonctionnels -c'est-à-dire les lieux visités pour motifs Atelier, Études et Médical- ont également été comparés (voir Figure 7.13). L'accessibilité de l'ensemble des lieux d'études est similaire tout comme celle des différents lieux

médicaux. Quant aux ateliers, certains attirent une clientèle très locale alors que d'autres possèdent un bassin d'attraction beaucoup plus étendu (lieux occupant les rangs 1 et 5). Néanmoins, malgré une accessibilité relativement meilleure vers les lieux médicaux par rapport aux lieux d'études, les coûts individuels moyens (établis en km, voir section 6.3.3.2) sont comparables. Une meilleure optimisation dans le regroupement des individus se déplaçant pour motif Études explique ce constat. Le même phénomène est également observable pour l'atelier de rang 1 (atelier Jeanne d'Arc) qui, malgré une accessibilité moyenne plus élevée que les lieux d'études et médical de même rang, possède un coût individuel moyen inférieur.



Rang	ATELIER	ÉTUDES	MÉDICAL
1	Atelier Jeanne d'Arc	Centre Champagnat	Hôpital Maisonneuve-Rosemont
2	Atelier Ldupras-Beaubien/Parc	École Pavillon Boileau	Institut de réadaptation Lucie Bruneau
3	Atelier Ldupras-Novatek	École Cartier	Hôpital général juif
4	Atelier Ldupras-L'uni	Cégep Vieux-Montréal	Hôpital général de Montréal
5	Centre réadaptation Benny	Cégep Maisonneuve	Association Mtl pour aveugles

Figure 7.13 : (a) Accessibilité et (b) coût individuel moyens (km)

7.3 Analyse de voisinage spatiotemporelle: impact sur les activités réalisées

La section précédente s'est attardée à caractériser les lieux individuellement. Cette section s'attarde à caractériser l'occupation du sol afin d'observer si certains effets de voisinage sont révélés. Ainsi, il peut être déterminé si la localisation spatiotemporelle des domiciles et des destinations a un impact sur l'accessibilité et la mobilité des usagers ainsi que sur les coûts de transport engendrés.

Les préférences domiciliaires et de mobilité sont finement connues et référencées par un couple de coordonnées spatiotemporelles ($x-y, t$). Dans leur état brut, de telles entités-points sont visuellement inaptes à révéler des tendances, notamment en raison de leur niveau de résolution trop fin qui, traduit sur une représentation schématique unique, apparaît comme un « fatras de données pêle-mêle. [Afin] d'apprécier l'incidence de l'espace sur la nature et l'intensité des comportements et attributs urbains » (Morency & Chapleau, 2004), le recours à des méthodes analytiques spatiales visualisées au sein de systèmes d'information géographiques est plus que pertinent.

7.3.1 Méthodes analytiques

Ainsi, afin de caractériser l'effet du voisinage sur les comportements de mobilité et sur l'accessibilité, cette expérimentation privilégie une approche matricielle. Cette approche est particulièrement appropriée pour dégager des patrons spatiaux significatifs à partir de données ponctuelles, puisqu'elle permet de dénombrer l'entièreté des événements, y compris ceux dont les coordonnées ($x-y, t$) sont superposées.

Deux techniques sont utilisées : la première divise le territoire en cellules de 1x1 kilomètre ce qui permet de traduire les statistiques observées en termes de densité (km^2). Les analyses par grilles sont effectuées avec le logiciel DIVA-GIS. Ce logiciel a initialement été conçu pour analyser la distribution d'espèces animales, mais est adapté pour toute analyse d'ensembles de points. La deuxième technique a recours à la

méthode des noyaux (densités de Kernel). Cette technique a été utilisée dans de nombreux travaux visant à caractériser les espaces d'activité notamment en criminologie (Brundson, Corcoran et al., 2005) et en analyse de la demande de transport (Banos, 2001; Kwan & Lee, 2003; Schönfelder & Axhausen, 2003). Cette procédure de lissage estime l'intensité $\lambda(s)$ des n événements localisés en s_1, \dots, s_n au sein d'une région R par rapport à un point de référence s :

$$\lambda(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} k\left(\frac{(s - s_i)}{\tau}\right)$$

La formulation mathématique de l'intensité peut être définie par différentes fonctions, dont celle quadratique où h_i est la distance entre l'événement et le centre de la zone d'influence de rayon fixe τ prédéterminé par l'analyste.

$$\lambda(s) = \sum_{h_i \leq \tau} \frac{3}{\pi \tau^2} \left(1 - \frac{h_i^2}{\tau^2}\right)^2$$

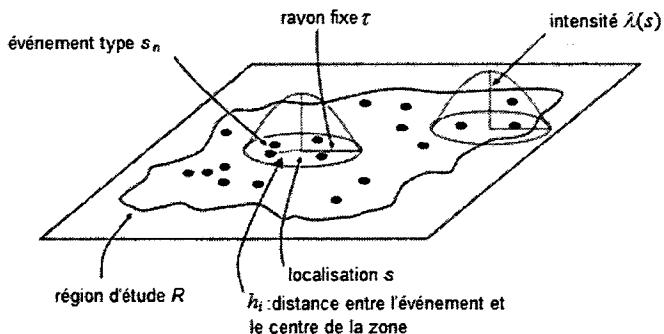


Figure 7.14 : Illustration des variables de la fonction de kernel (Bailey & Gatrell, 1995)

La forme quadratique est souvent privilégiée dans les analyses puisqu'elle donne plus d'importance aux événements situés près du centre de la région étudiée (Levine & Associates, 2004). Elle assure également une valeur nulle à l'extrémité de la zone d'influence. Finalement, la sommation de l'ensemble des intensités individuelles pour chacune des cellules appartenant à la région R étudiée est égale à l'intensité totale de la variable étudiée.

Pour l'ensemble des expérimentations effectuées, le lissage des variables par la méthode des noyaux s'est fait à l'aide du logiciel CrimeStat. La région R a été découpée en cellules de 500 x 500 mètres et un rayon d'influence de 1000 mètres a été utilisé. CrimeStat fournit le résultat sous forme matricielle, résultat qui peut être importé dans un logiciel SIG pour fins de visualisation.

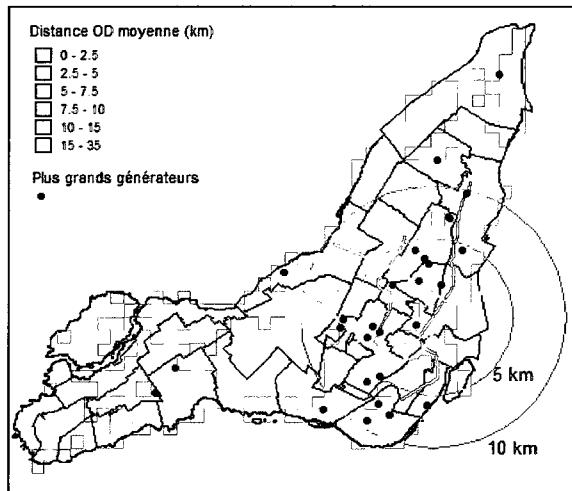
7.3.2 Localisation des domiciles et accessibilité aux activités

En planification du transport, l'importance de l'accessibilité en tant que mesure de l'utilisation du territoire est reconnue (El-Geneidy & Levinson, 2006). L'accessibilité réfère habituellement à la qualité de desserte d'un lieu (Merlin, 1991), c'est-à-dire à un ensemble de destinations auxquelles on peut se rendre dans des conditions raisonnables de durée, de confort et de coût (Matalon in Merlin, 1991). Selon Thériault et al. (2008), la notion d'accessibilité relève aussi d'aspects comportementaux, de préférences et de valeurs sociales. Le pauvre n'a pas la même perception que le riche en ce qui a trait à l'accessibilité aux équipements urbains et aux loisirs (par exemple, le cinéma) et le piéton ne vit pas la même accessibilité que l'automobiliste. Quant à la mobilité, elle mesure l'habileté à se déplacer d'un endroit à un autre sur un réseau [Handy, 1984; Hansen, 1959 in (El-Geneidy & Levinson, 2006)]. Dans le cas de cette étude, l'accessibilité est plus simplement définie comme « la capacité à être atteint » et la mobilité est définie comme « la capacité de se mouvoir ».

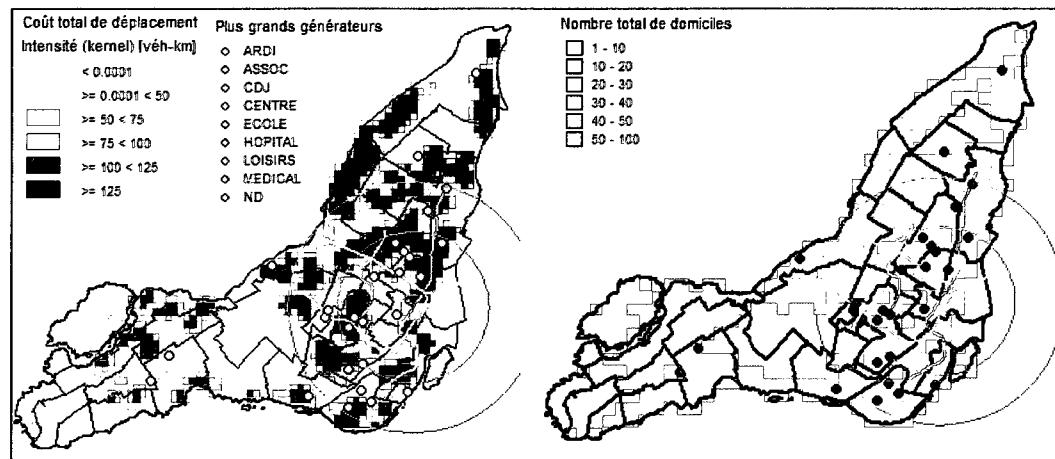
La Figure 7.15 démontre que les choix résidentiels ont effectivement un impact sur les profils de mobilité et d'accessibilité. Ainsi, peuvent être observés:

- L'effet de la distance au centre-ville sur l'espace d'activité consommé (Figure 7.15a): L'obésité spatiale des individus croît avec la distanciation du domicile par rapport au centre-ville. Les individus habitant près du centre-ville bénéficient donc d'une accessibilité davantage locale, c'est-à-dire que leurs lignes de désir, en moyenne, sont plus courtes. Plusieurs grands générateurs sont d'ailleurs localisés en deçà de 10 km du centre-ville.

- Les coûts de déplacement totaux (Figure 7.15b) : Ils sont plus élevés dans le centre et dans l'est, car plus d'usagers y habitent et également plus de déplacements y sont entrepris.
 - L'effet de la distance au centre-ville sur le coût moyen d'un déplacement (Figure 7.15c) : L'éloignement par rapport au centre-ville est lié à un coût de déplacement moyen plus élevé. Le regroupement des individus a pour effet de diminuer le coût moyen de déplacement qui, si les individus voyageaient seuls, serait égal à la distance moyenne de déplacement.
 - La durée totale d'activité (Figure 7.15d) : Elle se répartit similairement au nombre de déplacements entrepris.



(a)



(b)

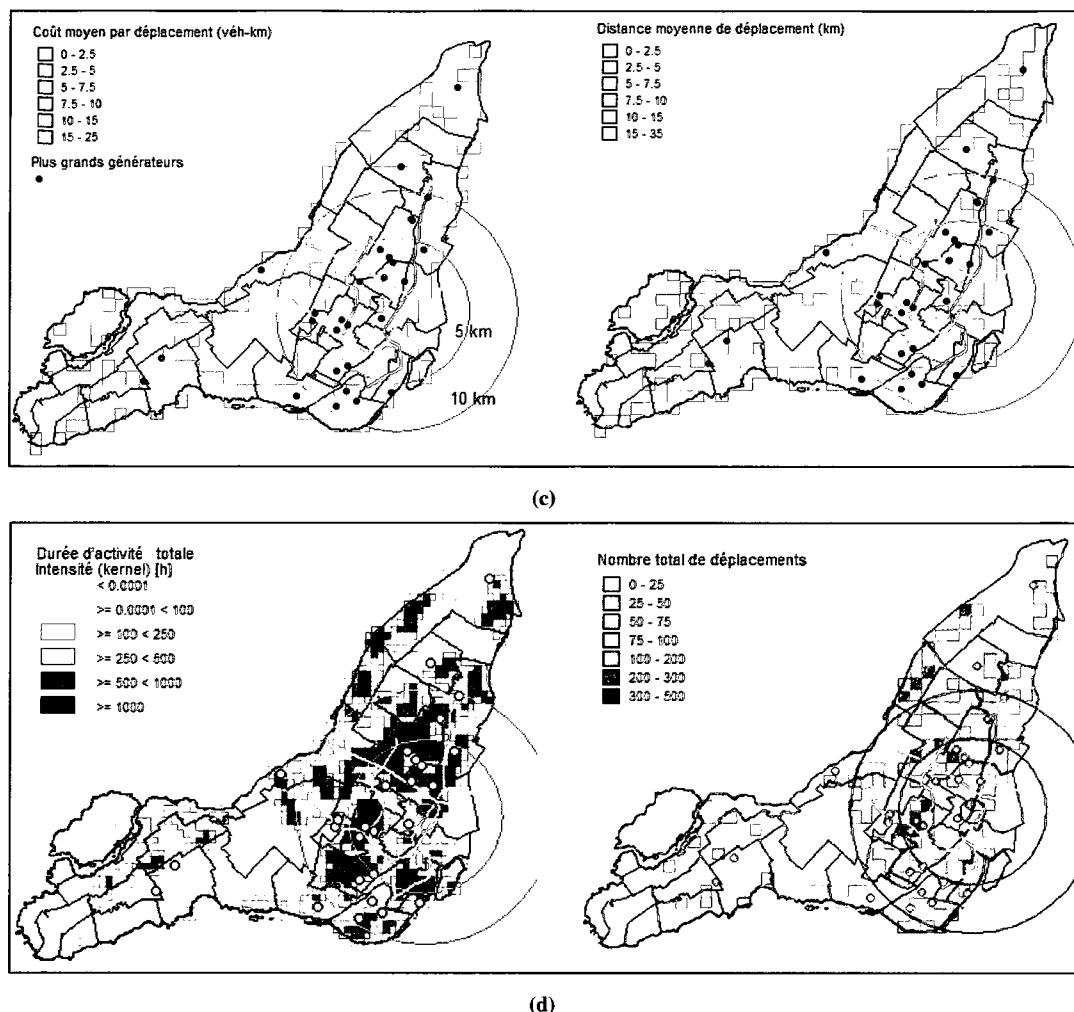


Figure 7.15 : Impact des choix résidentiels sur les profils de mobilité et d'accessibilité (indicateurs mesurés sur l'ensemble de la période étudiée, soit 4 jours)

7.3.3 Occupation des espaces d'activité collectifs

Le terme « espace d'activité » peut se définir comme étant l'ensemble des zones locales au sein desquelles l'individu se déplace au cours de ses activités durant une période de temps spécifique. Il fournit une mesure du comportement spatial d'un individu tout en permettant de capturer les différences individuelles et environnementales (Rai, Balmer et al., 2007). Sur l'ensemble de la période, il peut être observé qu'il existe quelques noyaux spatiaux d'activité, essentiellement centrés sur les plus grands générateurs.

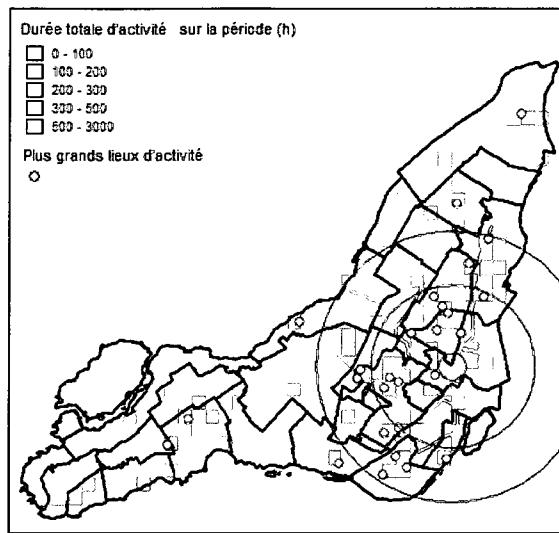


Figure 7.16 : Spatialité des noyaux d'activité

Telle que l'illustre la Figure 7.18, les espaces d'activité les plus sollicités sur la période d'étude de quatre jours (activités par km^2) possèdent la plus faible variabilité quotidienne (coefficients de variation les plus faibles).

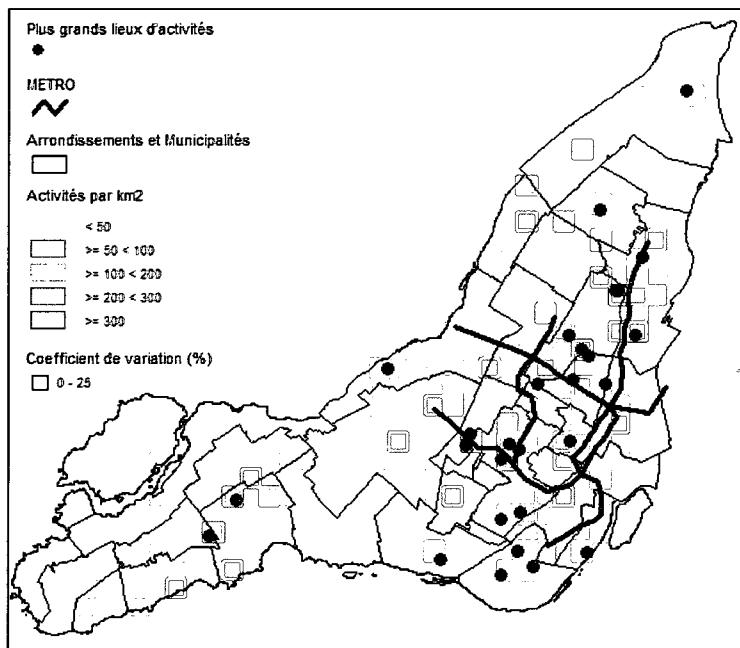
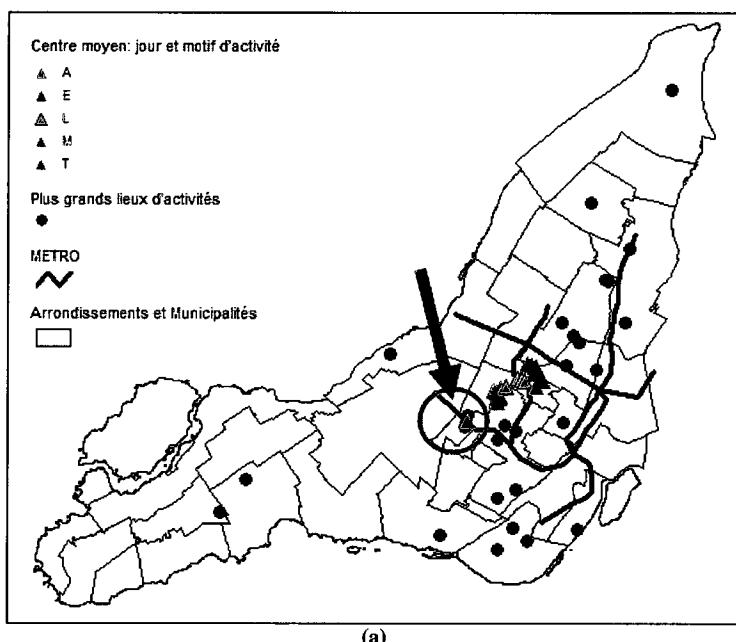


Figure 7.17 : Espaces d'activité et variabilité quotidienne

Quant à la variabilité spatiale quotidienne des activités en fonction du motif, telle que représentée par la position des centres moyens (barycentres), elle est également négligeable si ce n'est que pour le motif Études où les activités réalisées le lundi dans l'ouest de l'île semblent avoir un poids plus important que les autres jours (phénomène indiqué par la flèche rouge - Figure 7.18). L'analyse plus détaillée de l'occupation du sol en fonction des motifs de destination qui suit permet de localiser les lieux spatiotemporels fortement sollicités et de distinguer certains phénomènes propres au type d'activité réalisée.



	Atelier	Études	Loisir	Médical	Travail
Lundi	1030	185	862	705	227
Mardi	1069	251	990	793	243
Mercredi	1023	234	971	770	227
Jeudi	1030	239	987	806	231

(b)

Figure 7.18 : (a) Centres moyens selon le jour et le motif d'activité (b) Nombre d'activités réalisées en fonction du motif et ayant été utilisées dans le calcul du centre moyen quotidien

Les illustrations ci-dessous représentent l'occupation dynamique du territoire pour la journée du mardi 6 novembre 2007. Elles répertorient, heure par heure, où se situent les activités. Le lieu du premier embarquement, considéré comme le point d'origine de la

chaîne de déplacements journalière individuelle, tout comme le lieu de dernier débarquement, qui représente la dernière destination de l'individu, ne sont pas représentés.

Ainsi, les activités pour motif médical sont les seules à générer une activité importante tôt en matinée (avant 8h). L'hôpital Maisonneuve-Rosemont, premier générateur d'activité chez les usagers du transport adapté, ressort d'ailleurs très bien. Quant aux activités très matinales pour motifs Études ou Travail, elles se réalisent majoritairement au centre de l'île.

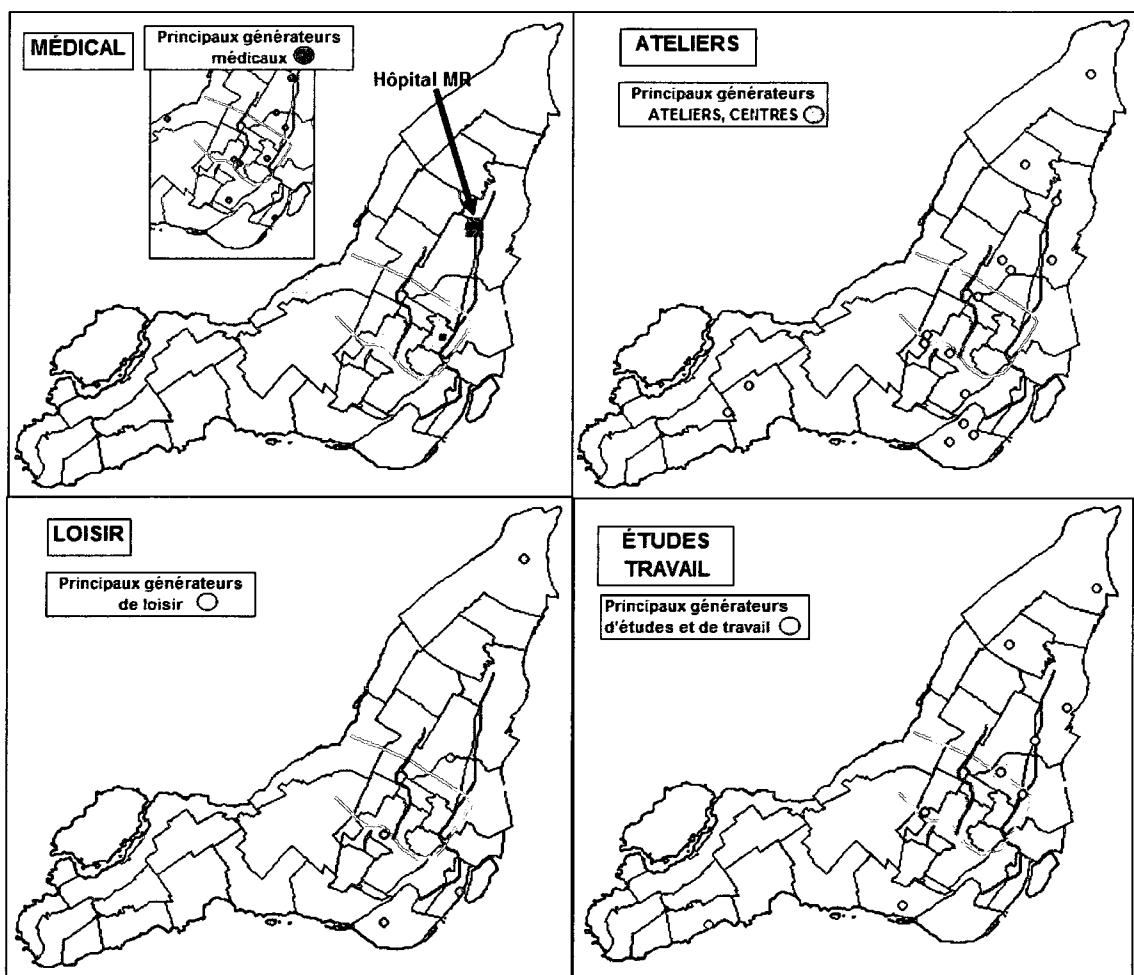


Figure 7.19 : Occupation du sol – 7h@8h (Densités de kernel)

Une fois la période de pointe AM terminée, en termes de sollicitation du système de transport adapté, la presque totalité des générateurs de déplacements sont identifiables, quel que soit le motif (Figure 7.20 a, b). Les principaux lieux d'activité pour motif médical atteignent leur pointe d'intensité en mi-journée (12h-13h) alors que le motif Loisirs est le seul à générer des pointes d'activité en soirée (19h-20h).

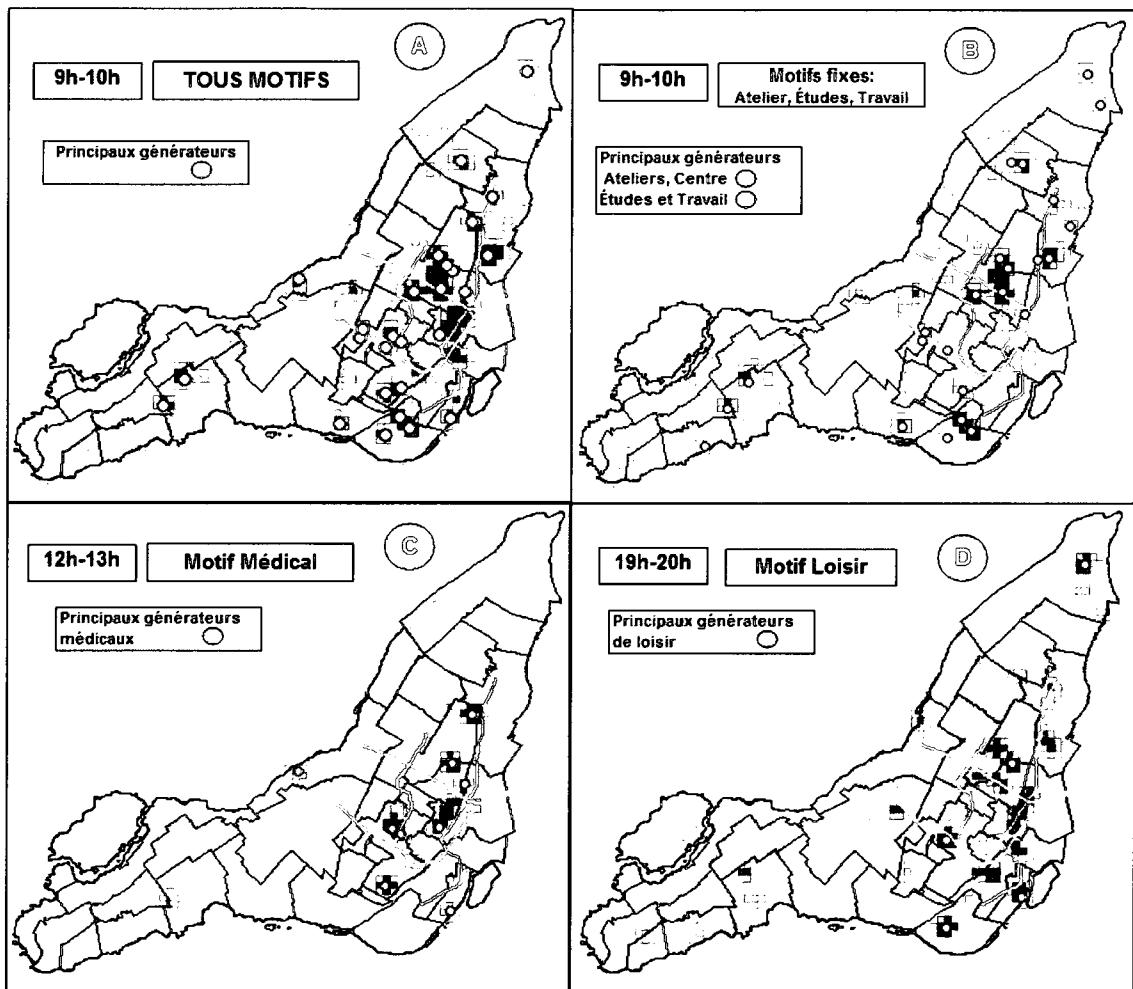
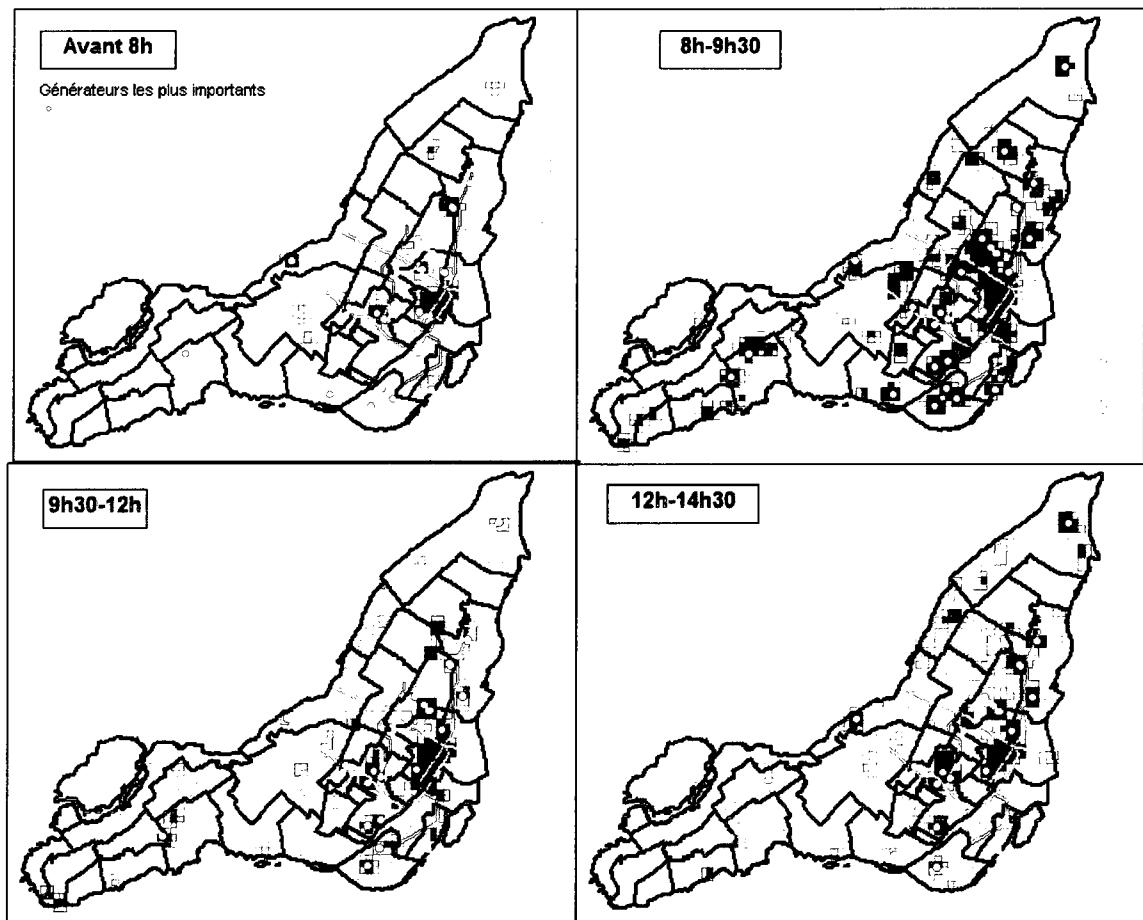


Figure 7.20 : Occupation du sol en fonction du motif à différentes périodes

L'analyse différenciée de l'espace-temps en fonction des coûts de déplacement générés est également d'un grand intérêt (ici réalisée en termes de véh-km). Telle que l'illustre la Figure 7.21, le centre-ville et les hôpitaux engendrent les premiers coûts d'importance. En pointe AM (8h-9h30), l'activité et les coûts se propagent ensuite à

l'ensemble des grands générateurs avec un noyau dense au centre-ville ainsi que dans les arrondissements Côte-des-Neiges/Notre-Dame-de-Grâce et Rosemont/Petite-Patrie. La plus grande part des coûts de déplacement engendrés en hors pointe (9h30-14h30) est également associée à des activités localisées au sein de ce noyau. L'arrivée de la pointe PM (14h30-16h30) coïncide avec l'apparition d'un coût élevé des déplacements se destinant en périphérie de l'île de Montréal. Ceci s'explique par la fin de la majorité des activités et par la décentralisation des destinations des déplacements qui ont pour motif le retour au domicile ou au point d'ancrage journalier. Peu d'activités débutant après 16h30 (6.2%), les coûts engendrés par les déplacements tardifs correspondent eux aussi majoritairement à des retours au domicile. Ces déplacements sont sollicités en grande partie par des usagers domiciliant davantage au centre-est et dans la pointe est de l'île.



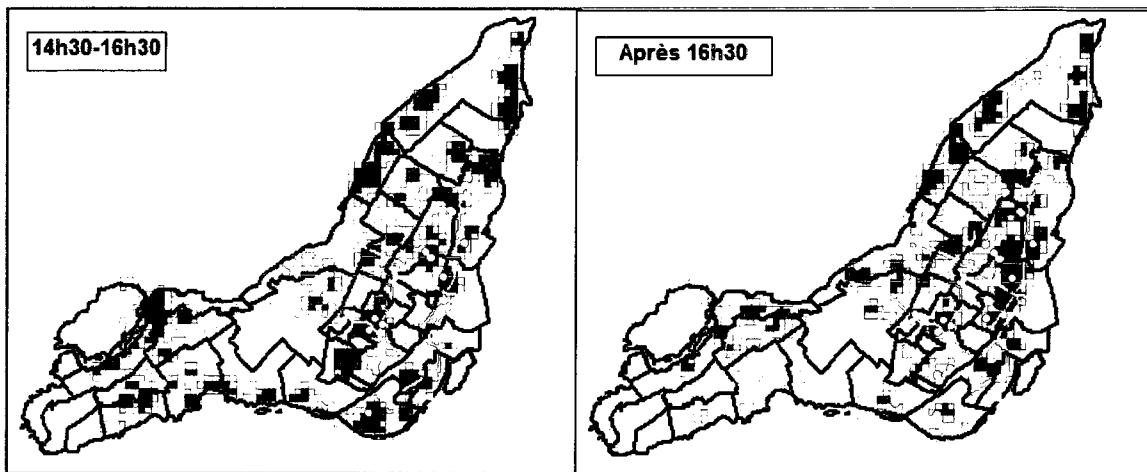


Figure 7.21 : Analyse spatio-temporelle des coûts de déplacement en fonction de l'heure d'arrivée à destination (véh-km) – Densités de kernel (pour l'ensemble de la période)

Le même espace d'activité n'est pas desservi au même coût selon le mode de transport privilégié (voir Figure 7.22). Ainsi, le coût moyen d'un déplacement (coût total en véh-km réparti en fonction du nombre de déplacements) se révèle beaucoup plus élevé pour le minibus que pour le taxi régulier. Le taxi adapté apparaît également moins coûteux que le minibus, bien que l'écart soit moins appréciable que pour le taxi régulier. Les déplacements à destination de l'ouest de l'île semblent également plus coûteux, peu importe le mode, mais avec un effet plus marqué pour l'utilisation du minibus et du taxi adapté.

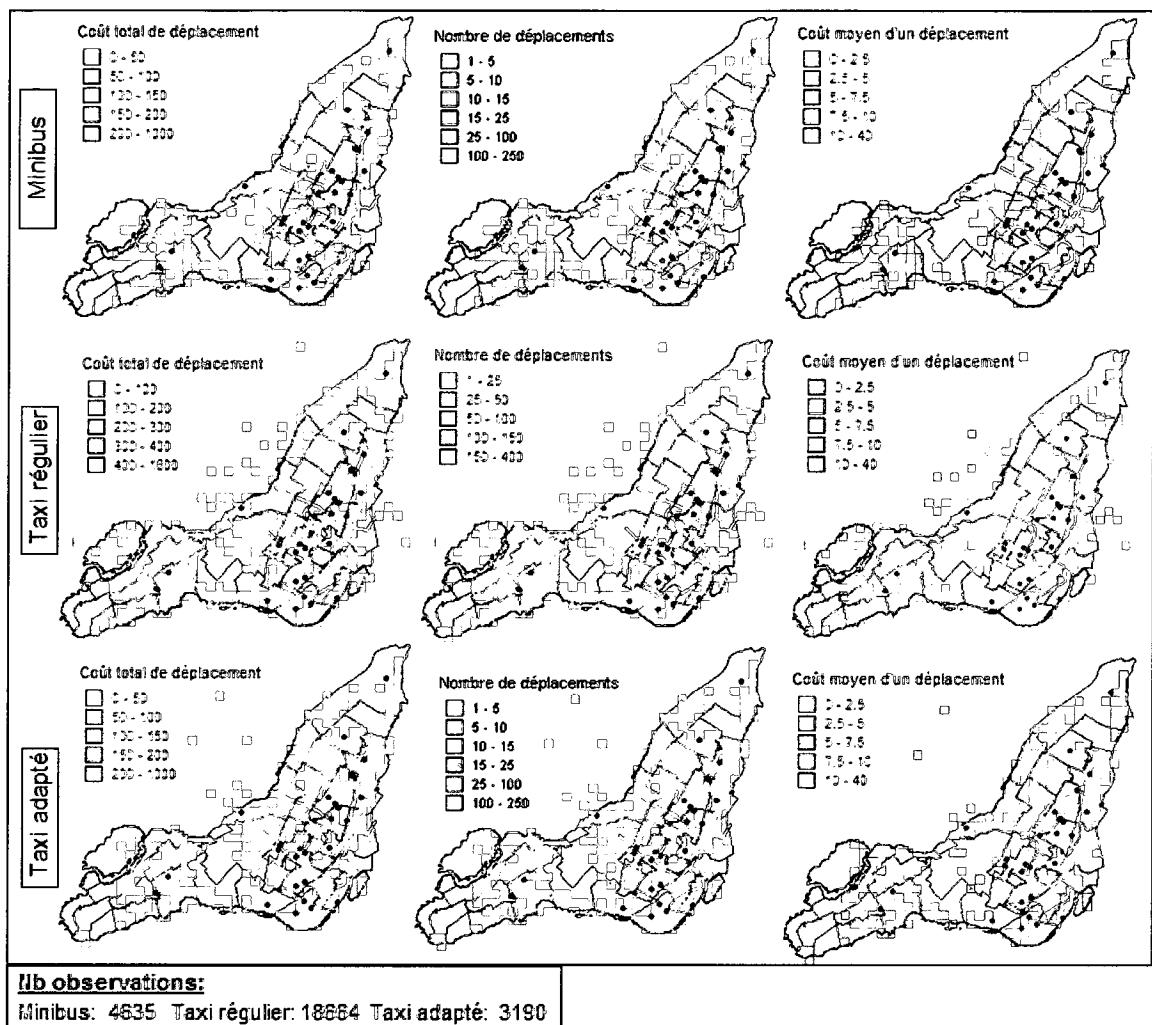


Figure 7.22 : Coût de desserte (véh-km) des espaces d'activité (pour toute la période)

CHAPITRE 8: CONCLUSION

« **ANTICIPATION**: correspond à une phase où sont développées des idées qui n'apparaîtront effectives que « plus tard », en général des années voire des dizaines d'années après l'intuition initiale. » (Wikipédia)

8.1 Résultats et contributions

À partir des données opérationnelles planifiées réalisées comportant la totalité des déplacements des usagers du transport adapté montréalais durant quatre jours (5 au 8 novembre 2007), cette recherche s'est attardée à caractériser finement la demande pour ce type de service.

Le chapitre 2 a d'abord décrit le fonctionnement particulier d'un tel système qui, contrairement au service de transport public régulier, ne possède pas de réseau ni d'horaire fixes, étant un service à la demande. Au chapitre 3, afin de positionner la culture informationnelle montréalaise qui s'appuie sur un traitement individuel des données ainsi que sur les nouvelles technologies de l'information, une revue des principales approches de modélisation et l'apport des SIG ont été présentés. Quelques modèles évaluant la demande de transport adapté ont aussi été présentés, permettant de constater le statut encore émergent de cette thématique en planification des transports. Effectivement, en ce qui concerne le contexte particulier de ce service, peu de données sont généralement disponibles afin d'établir un portrait représentatif de cette clientèle.

Le chapitre 4 s'est d'ailleurs concentré à expliciter l'importance des données dans le processus analytique. La grande région de Montréal disposant de données uniques en ce qui a trait aux comportements individuels de mobilité, la demande de transport adapté a pu être caractérisée finement par le biais des données opérationnelles planifiées telles que réalisées du transport adapté. Ces données représentent en elles-mêmes une véritable enquête en totalement désagrégé. La revue de littérature le souligne d'ailleurs : de tels ensembles de données, vastes, complets, multi-jours, multi-périodes et de nature

passive possèdent un grand potentiel informationnel. Il devient d'ailleurs nécessaire de développer des outils de caractérisation et de modélisation de la demande s'appuyant sur des données déclarées réellement observées si l'on veut pouvoir intervenir le plus efficacement possible sur la gestion et le déploiement des ressources. Ces données doivent préalablement être validées, structurées, enrichies. Le chapitre 5 s'est attardé à démontrer cette nécessité de développer des procédures documentées, reproductibles et systématiques.

Ensuite, afin d'établir la signature caractéristique des clientèles ainsi que les variables possédant le plus grand pouvoir explicatif, l'exercice s'est appuyé sur l'analyse et la modélisation catégorielles (chapitre 6). Ceci a permis la détermination de patrons de consommation spécifique en fonction du cycle de vie propre à chaque catégorie de clientèle ainsi que la détermination des variables les plus significatives. Le chapitre 7 s'est finalement préoccupé de la relation de coproduction qui unit les systèmes de transport et d'activité en présentant une analyse individuelle et comparative totalement désagrégée des lieux d'activité. Dans une perspective d'offrir un service répondant le plus possible à la demande exprimée, le système de transport doit tenir compte de la localisation des lieux d'activité et des patrons d'occupation du sol qui en découlent.

Ainsi, la contribution et la pertinence principales de cette recherche se situent à deux niveaux. Dans un premier temps, au niveau méthodologique. Par la revue de littérature, cette étude a montré :

- L'importance sociétale du système de TA. Pour les personnes à mobilité réduite, davantage susceptibles de souffrir d'isolement, l'accès à un moyen de transport a un impact certain sur l'intégration à la société et sur la qualité de vie. Le développement d'outils d'aide à la planification vise à optimiser un service essentiel et à l'adapter aux besoins spécifiques.

- L'importance d'investir dans des méthodes d'enquêtes émergentes. Les grands ensembles de données passives, archivées, complètes et disponibles sur une longue période possèdent un potentiel informationnel encore sous-exploité.

Dans un deuxième temps, au niveau substantiel. Si plusieurs se sont intéressés à la caractérisation des déplacements faits par les personnes handicapées en général et par les personnes âgées, peu de recherches ont porté directement sur la caractérisation de la demande des services de transport adapté. Cette étude contribue à fournir une meilleure compréhension des comportements individuels de déplacement des personnes ayant une limitation sur le plan de la mobilité et représente un premier pas dans l'établissement des signatures caractéristiques de cette clientèle.

8.2 Limitations et perspectives

En se basant sur les conclusions provenant de cette recherche en ce qui concerne la consommation spécifique, les différents cycles de vie des usagers ainsi que les rythmes d'activité, l'étude de l'adaptation de l'offre par rapport aux besoins observés doit se poursuivre. Effectivement, les services de transport à la demande les plus efficaces sont ceux conçus de manière à répondre en premier lieu aux besoins locaux individuels de leur communauté. Il faut donc persister dans l'utilisation d'ensembles de données aussi riches et complets que celui des données opérationnelles de transport adapté.

Les contributions de cette étude orientent également la conception future d'un modèle prévisionnel tendanciel de la demande de transport adapté apte à reproduire la consommation spatiotemporelle spécifique de chaque type d'usager. Tel que mentionné par St-Pierre (2004), l'exercice prévisionnel « n'a pas la prétention de connaître la situation future, mais simplement celle de tester l'impact de certaines hypothèses sur l'évolution de la demande à un horizon donné ». Les données opérationnelles de transport adapté constituent la meilleure description disponible de la situation actuelle, au même titre que les enquêtes O-D représentent la meilleure description des

comportements de mobilité dans la grande région de Montréal. Évidemment, auparavant, les données opérationnelles du transport adapté doivent être analysées sur une période beaucoup plus longue que quatre jours afin de:

- valider la consommation spécifique en fonction de la position dans le cycle de vie ainsi que la durée de vie des différentes catégories d'usagers;
- définir les taux de survie, de persistance et de fidélité dans le système;
- établir les caractéristiques des nouveaux entrants dans le système;
- étudier l'impact de l'aménagement du territoire sur les choix domiciliaires ainsi que sur l'accessibilité et la mobilité des usagers du TA.

L'impact de d'autres facteurs doit également être évalué :

- L'accessibilité croissante du réseau de transport en commun régulier : Ce facteur aura-t-il un impact significatif sur la clientèle actuelle du TA ? Quels usagers pourront être transférés ? Dans combien d'années ?
- Quelle proportion des usagers pourrait migrer vers des modes alternatifs davantage rigides (nouvelles structures de desserte) ?
- Quel est l'effet des conditions hivernales sur l'amplification des limitations des personnes handicapées et sur leurs déplacements ? Quel est l'effet des jours fériés ? Y a-t-il des effets de saison ?

Également, les procédures méthodologiques explicitées dans cette étude n'ont pas fait l'objet d'une systématisation et d'une automatisation strictes. Afin d'assurer facilement la reproductivité d'analyses similaires dans le futur et un progrès dans la connaissance et la maîtrise de la thématique, ces préoccupations devront être intégrées dans tout travail futur. À l'image de l'outil de visualisation des lieux d'activité, le développement d'outils interactifs pour la validation, l'exploration et l'analyse des données est également à privilégier. Le défi réside dans la capacité à développer des outils, des procédures et des méthodes généralistes, c'est-à-dire qui sont adaptés à tout ensemble de données. Le développement d'indicateurs de mesure pertinents (évaluant la similarité

des comportements, la performance du système, l'accessibilité, ...) est aussi une préoccupation majeure. Finalement, la greffe de données provenant de sources de données externes agrégées- telles que les données censitaires- ayant également ses limitations, l'accès à des données fines sur les ménages (taille, composition, âge moyen, possession automobile, etc.), sur les revenus individuels ou sur le niveau d'éducation permettraient de mieux caractériser les usagers du transport adapté et peut-être même de mieux expliquer leurs comportements de mobilité. L'étude des comportements de mobilité et des caractéristiques sociodémographiques du voisinage des usagers du TA, à partir des données d'enquêtes OD montréalaises, est également une piste d'intérêt afin d'évaluer si certaines corrélations ne peuvent pas être établies plus finement entre les deux populations.

RÉFÉRENCES

- Alsnih, R., & Hensher, D. A. (2003). The mobility and accessibility expectations of seniors in an aging population [Version électronique]. *Transportation Research Part A*(37), 903-916.
- Arentze, T., Timmermans, H., Hofman, F., & Kalfs, N. (1997). Transport Surveys: Raising the Standard - Data Needs, Data Collection, and Data Quality Requirements of Activity-Based Transport Demand Models [Version électronique]. *International Steering Committee for Travel Survey Conferences (ISCTSC), Grainau, Allemagne* (35 p.). Transportation Research Board.
- Atkins, S. T. (1986). Transportation planning models - what the papers say. *Traffic Engineering and Control*, 27(9), 460-467.
- Axhausen, K. W., Zimmermann, A., Schönenfelder, S., Rindsfüser, G., & Haupt, T. (2004). Observing the rhythms of daily life: A six-week travel diary. *Transportation*, 29(2), 95-124.
- Bailey, T., & Gatrell, A. C. (1995). *Interactive Spatial Data Analysis*. Toronto: Prentice Hall.
- Bakker, P., & Van Hal, J. (2007). Understanding Travel Behavior of People with a Travel-Impeding Handicap, Each Trip Counts. *Transportation Research Board - 86th Annual Meeting, Washington, D.C.* (13 p.).
- Banos, A. (2001). *Le lieu, le moment, le mouvement: pour une exploration spatio-temporelle désagrégée de la demande de transport en commun en milieu urbain*. Ph.D. inédit, Université de Franche-Comté, Besançon, France.
- Bayarma, A., Kitamura, R., & Susilo, Y. O. (2007). Recurrence of Daily Travel Patterns: Stochastic Process Approach to Multiday Travel Behavior. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2021), 55-63.
- Bearse, P., Gurmu, S., Rapaport, C., & Stern, S. (2004). Paratransit demand of disabled people. *Transportation Research, Part B (Methodological)*, 38B(9), 809-831.
- Beimborn, E. A. (1995). A Transportation Modeling Primer (version corrigée, 2006) [Version électronique]. *CUTS (Center for Urban Transportation Studies)*. Consulté le 23 octobre 2007, tiré de www4.uwm.edu/cuts/utp/models.pdf.

- Bierlaire, M. (1997). Discrete choice models. *École Polytechnique fédérale de Lausanne*. Consulté le 13 juin 2007, tiré de <http://roso.epfl.ch/mbi/papers/discretechoice/paper.html>.
- Boutin, M., & Vignola, V. (2009). *Répertoire statistique: Transport adapté 2007*. Québec: Ministère des Transports du Québec. Consulté le 22 juin 2009, tiré de http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librarie/Publications/fr/transport_collectif/adapte/repet_stat_2007.pdf.
- Brundson, C., Corcoran, J., & Higgs, G. (2005). Visualising space and time in crime patterns: A comparison of methods [Version électronique]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 31(2007), 52-75.
- Burkhardt, J. E., & Kerschner, H. (2007). Door-through-Door Transportation: The Final Frontier. *Transportation Record Board - 86th Annual Meeting, Washington, D.C.* (23 p.).
- Bussière, Y., Thouez, J.-P., & Bernard, A. (2001). Chapitre 9: Déplacements. In *Enquête Québécoise sur les limitations d'activités 1998* (pp. 227-250): Institut de la statistique du Québec.
- Bussière, Y., Thouez, J.-P., & Laroche, P. (1993). Vieillissement et demande de transport des personnes à mobilité réduite: Un modèle de prospective appliqué au cas montréalais 1986-2011. *Routes et Transports*, 23, 34-44.
- Castex, É. (2007). *Le Transport à la Demande (TAD) en France: de l'état des lieux à l'anticipation - Modélisation des caractéristiques fonctionnelles des TAD pour développer les modes flexibles de demain*. Ph.D. inédit, Université d'Avignon et des pays de Vaucluse, France.
- Chapleau, R. (1992). La modélisation de la demande de transport urbain avec une approche totalement désagrégée. *Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports (WCTR), Lyon* (12 p.).
- Chapleau, R. (1999). Analyse totalement désagrégée de la mobilité des travailleurs montréalais. *Routes et Transports*, 28(2), 9-20.
- Chapleau, R. (2000). Conducting Telephone Origin-Destination Household Surveys With an Integrated Informational Approach. *Transportation Research Circular: Transport Surveys: Raising the Standard*(E- C008), 17.

- Chapleau, R., & Allard, B. (2007). Analyse spatio-temporelle des déplacements en transport adapté. *11e Conférence internationale sur la mobilité et le transport des personnes âgées ou à mobilité réduite (Comotred)*, Montréal (10 p.).
- Chapleau, R., Allard, B., & Trépanier, M. (1996). *Caractérisation objective du transport adapté à la Société de transport de la Communauté urbaine de Montréal*. Montréal: Groupe MADITUC et Société de transport de la Communauté urbaine de Montréal.
- Chapleau, R., Pellecuer, L., & Morency, C. (2006). La persistance comportementale des ménages ... en longitudinal. *41e Congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Québec* (19 p.).
- Chapleau, R., Trépanier, M., & Allard, B. (1998). Pratical implementations of object-oriented GIS-T. *World Conference on Transportation Research, Anvers, Belgique* (15 p.).
- Chapleau, R., Trépanier, M., & Chu, K. K. (2008). The Ultimate Survey for Transit Planning: Complete Information with Smart Card Data and GIS. *8th International Conference on Survey Methods in Transport, Annecy* (25 p.).
- Classe, G., Diaz Olvera, L., Dille, B., Klein, O., Mignot, D., Paulo, C., et al. (2003). Inégalités de déplacement et équité sociale, la donne. *Club Innovations Transport des Collectivités*. Consulté le 27 octobre 2008, tiré de <http://www.innovations-transports.fr/Inegalites-de-deplacement-et?lang=fr>.
- Daganzo, C. F. (1978). Approximate Analytic Model of Many-to-Many Demand Responsive Transportation Systems. *Transportation Research*, 12(5), 325-333.
- Dionne, V., Bourgeois, M., & Blais, S. (2007). Briser la rigidité pour un transport flexible. *Routes et Transports* (Été 2007), 19-21.
- Domencich, T. A., & McFadden, D. (1975). *Urban travel demand: a behavioral analysis : a Charles River Associates research study* New York: Elsevier.
- Douglas, A. A., & Lewis, R. J. (1970). Trip Generation Techniques. *Traffic Engineering and Control*, 12(7, 8, 9).
- El-Geneidy, A., & Levinson, D. (2006). Mapping Accessibility Over Time [Version électronique]. *Journal of Maps*(v2007), 76-87.

- Fexpe, E. S., Windholz, T., Beard, K., & Novak, K. (2003). *Quality and Accuracy of Positional Data in Transportation [Version électronique]*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Franklin, J. P., & Niemeier, D. A. (1998). Discrete choice elasticities for elderly and disabled travelers between fixed-route transit and paratransit. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(1623), 31-36.
- FTA - DOT. (2005). *Best Practices for Using Geographic Data in Transit: A Location Referencing Guidebook [Version électronique]*. Washington, d.C.: Federal Transit Administration U.S. Department of Transportation.
- Fu, L. (2002). Planning and Design of Flex-Route Transit Services. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(1791), 59-66.
- Fu, L., Yang, J., & Casello, J. (2007). Quantifying Technical Efficiency of Paratransit Systems by Data Envelopment Analysis Method [Version électronique]. *Transportation Research Record*(2034), 115-122.
- Gagné, S. (2006). *Validation par logiques et traitement de données cartes à puce dans un contexte de Transport en commun*. (M.Sc.A., École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada), (UMI No. AAT MR19301), 154. Consulté le 20 juin 2007, tiré de Proquest Dissertations and Theses.
- GIRO. (2007). GIRO. *GIRO/ACCES – Transport adapté*. Consulté le 27 juin 2007, tiré de <http://www.giro.ca/fr/produits/giro-acces/index.htm>.
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in regional science? [Version électronique]. *Papers of the Regional Science Association*, 24(1), 7-21.
- Holman, P., Devane, T., & Cady, S. (2007). *The Change Handbook: The Definitive Resource on Today's Best Methods for Engaging Whole Systems*. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers.
- Joewono, T. B., & Kubota, H. (2007). Exploring Negative Experiences and User Loyalty in Paratransit. *Transportation Research Board - 86th Annual Meeting, Washington, D.C.* (13 p.).
- Kaddouri, L. (2008). Réflexion sur la sémiologie graphique animée des flux [Version électronique]. *Mappemonde*, 1(89), 12.
- Koffman, D. (2004). *TCRP Synthesis 53: Operational Experiences with Flexible Transit Services*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.

- Koffman, D., Lewis, D., Chia, D., Burkhardt, J. E., & Bradley, M. (2007). *TCRP Report 119: Improving ADA Complementary Paratransit Demand Estimation [Version électronique]*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Kwan, M.-P., & Lee, J. (2003). Geovisualization of Human Activity Patterns Using 3D GIS: A Time-Geographic Approach. In Spatially Integrated Social Science. In M. F. G. a. D. G. Janelle (éd.), *Spatially Integrated Social Science: Examples in Best Practice* (Chapter 3, pp. 48-66). Oxford: Oxford University Press.
- Lave, R., & Mathias, R. (2000). State of the Art of Paratransit. *Transport Research Board, 7*.
- Levine & Associates. (2004). *CrimeStat III: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations* Version 3.0. Houston, Texas & Washington, DC: The National Institute of Justice.
- MADITUC. (1992). *Modèles prévisionnels de la demande pour le transport de personnes basés sur une approche désagrégée, Rapport no 1 : Énoncé de cadrage méthodologique*.
- Madre, J.-L. (Ed.). (2003). *Transport Survey Quality and Innovation: Chapitre 14 - Multiday and Multiperiod Data* (1re^e éd.). Oxford: Elsevier
- Manheim, M. L. (1979). *Fundamentals of transportation systems analysis* (Vol. 1). Cambridge: MIT Press.
- Massot, M.-H., Madre, J.-L., & Armoogum, J. (2000). Monthly frequency versus previous day description of trips: what information is needed on urban mobility? *International Association for Travel Behaviour Research (IATBR), Gold Cost, Australie* (p.).
- Mathias, R. G. (2005). *Practices in No-Show and Late Cancellation Policies for ADA Paratransit* (Vol. 60). Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Menninger-Mayeda, H., Berger, P. M., Berger, D. E., McCormick, B., & Boyle, D. K. (2004). Demand Forecasting and the Americans with Disabilities Act: Orange County, California, Transportation Authority's Access Program. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(1884), 55-64.
- Merlin, P. (1991). *Géographie, économie et planification des transports* (1^e éd.). Paris: Presses universitaires de France.

- Meyer, M. D., & Miller, E. J. (1984). *Urban transportation planning : a decision-oriented approach*. New York.
- Ministère des Transports du Québec. (2006). *Étude sur les besoins et la satisfaction de la clientèle: Transport adapté*. Consulté le 26 juin 2007, tiré de http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librarie/Publications/fr/transport_collectif/adapte/transport_adapte2006_etude_bes.pdf.
- 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), (UMI No. AAT NQ92159), 487. Consulté le 6 juillet 2007, tiré de Proquest Dissertations and Theses.
- Morency, C. (2007). *CIV2710- Systèmes de transport: Notes de cours*. Montréal: Presses internationales Polytechnique
- Morency, C., & Chapleau, R. (2004). De petits points lourds de connaissance: essai méthodologiques sur les données spatiales urbaines. *39e Congrès annuel de l'Association québécoise du transport et des routes, Québec* (25 p.).
- Morency, C., & Chapleau, R. (2007). Mobilité changeante des personnes âgées dans une région urbaine: 15 ans d'observation à Montréal. *11e Conférence internationale sur la mobilité et le transport des personnes âgées ou à mobilité réduite (COMOTRED), Montréal* (p.).
- Morency, C., & Chapleau, R. (2008). Age and its relation with home location, household structure and travel behavior: 15 years of observation. *Transportation Research Board - 87th Annual Meeting, Washington, D.C.* (12 p.).
- Morin, E. (1977). La nature de la nature. In *La Méthode* (1, pp. 399): Seuil.
- Morin, E. (2007). Éloge de la complexité. Consulté le 6 juin 2007, tiré de http://www.agoravox.fr/article.php3?id_article=24363
- Nelson\Nygaard Consulting Associates, TWJ Consulting, & RLS and Associates. (2007). *TCRP Report 121: Toolkit for Integrating Non-Dedicated Vehicles in Paratransit Service*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Office des personnes handicapées du Québec. (2006). Mission, devoirs et pouvoirs. *Notre mission*. Consulté le 27 juin 2007, tiré de <http://www.ophq.gouv.qc.ca/office/mission.htm>.

- Office des personnes handicapées du Québec. (2007). Enquête sur la participation et les limitations d'activité 2001: principale source de données sur la population handicapée au Québec. *StatFlash: Bulletin d'information statistique*(23), 8.
- Office des personnes handicapées du Québec. (2008). L'Office des personnes handicapées du Québec accueille avec enthousiasme la Stratégie nationale pour l'intégration et le maintien en emploi des personnes handicapées *Communiqués*. Consulté le 3 juin 2008, tiré de <http://www.ophq.gouv.qc.ca/communiques/communiques2008/26mai2008.htm>.
- Olsen, D. R., Jr. (1999). Interacting in Chaos [Version électronique]. *Interactions*, 6(5), 42-54.
- Ortúzar, J. d. D., & Willumsen, L. G. (2001). *Modelling Transport* (3^e éd.). Chichester, England ; Toronto: Wiley.
- Pendyala, R. M. (2003a). Measuring Day-to-Day Variability in Travel Behavior Using GPS Data, *Report DTFH61-99-P-00266*. Consulté le 29 juillet 2008, tiré de <http://www.fhwa.dot.gov/ohim/gps/index.html>.
- Pendyala, R. M. (Ed.). (2003b). *Transport Survey Quality and Innovation: Chapitre 9 - Quality and Innovation in Time Use and Activity Surveys* (1re^e éd.). Oxford: Elsevier
- Piché, D. (2005). *Problématique de la modélisation des déplacements dans la ville intérieure de Montréal*. (M.Sc.A., École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada), (UMI No. AAT MR16832), 164. Consulté le 8 mai 2007, tiré de Proquest Dissertations and Theses.
- Rai, R. K., Balmer, M., Riesser, M., Vaze, V. S., Schönfelder, S., & Axhausen, K. W. (2007). Capturing Human Activity Spaces: New Geometries. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2021), 70-80.
- Richardson, A. J. (2006). An Alternative Measure of Household Structure and Stage in Life Cycle for Transport Modeling [Version électronique]. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(1985), 1-11.
- Roux, B. (2001). *Exploration du transport adapté à Montréal en vue d'une planification en temps réel*. (M.Sc.A., École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada), (UMI No. AAT MQ60914), 150. Consulté le 26 juin 2007, tiré de Proquest Dissertations and Theses.

- s.a. (2007). What is Paratransit? *Paratransit Watch*. Consulté le 6 août 2007, tiré de <http://paratransitwatch.blogspot.com/>.
- Sammer, G. (2008). Resource Paper for Workshop B1 on Data for Public Transit Planning, Marketing, and Model Development. *8th International Conference on Survey Methods in Transport Annecy* (19 p.).
- Sarmiento, R. (2004). *Utilisation des technologies informationnelles dans l'analyse du transport adapté*. (M.Sc.A., École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada), (UMI No. AAT MQ97981), 176. Consulté le 8 janvier 2008, tiré de Proquest Dissertations and Theses.
- Measurement issues in identifying variability in travel behaviour*. Monte Verità, Ascona. (2001).
- Schmöcker, J.-D., Quddus, M. A., Noland, R. B., & Bell, M. G. H. (2005). Estimating Trip Generation of Elderly and Disabled People: Analysis of London Data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(1924), 9-18.
- Schönenfelder, S., & Axhausen, K. W. (2003). Activity spaces: measures of social exclusion? [Version électronique]. *Transport Policy*(10), 273-286.
- Schönenfelder, S., Axhausen, K. W., Antille, N., & Bierlaire, M. (2002). Exploring the potentials of automatically collected GPS data for travel behaviour analysis *GI - Technologien für Verkehr und Logistik*(13), 155-179.
- Société de transport de Montréal. (2004). Le réseau des autobus: Montréal tous azimuts, 12. Consulté le 26 juin 2007, tiré de <http://www.stm.info/en-bref/reseaudesautobus.pdf>.
- Société de transport de Montréal. (2005). Les 25 ans du Transport adapté de la STM: Que de chemin parcouru! *Info STM*, 1. Consulté le 26 juin 2007, tiré de <http://www.stcum.qc.ca/info/infostm/2005/050518.pdf>.
- Société de transport de Montréal. (2007). *La force de nos actions: Rapport d'activité 2007*. Montréal. Consulté le 22 juin 2009, tiré de <http://stm.info/en-bref/ra2007.pdf>.
- Société de transport de Montréal. (2009). *Budget 2009*. Montréal. Consulté le 22 juin 2009, tiré de <http://www.stm.info/en-bref/budget2009.pdf>.

- Spear, B. D. (2004). Linking Spatial and Transportation Data. In *Handbook of Transport Geography and Spatial Systems* (5, pp. 309-326). Kidlington, Oxford, UK: Elsevier
- St-Pierre, B. (2004). Les prévisions de la demande en transport urbain des personnes au Québec: une méthode éclairée et pragmatique. *Association des transports du Canada, Québec* (20 p.).
- Stern, S. (1993). A disaggregate discrete choice model of transportation demand by elderly and disabled people in rural Virginia. *Transportation Research, Part A (Policy and Practice)*, 27A(4), 315-327.
- Talaki, E.-W. (2006). *Contribution du GPS dans la caractérisation spatio-temporelle des attributs du service de transport adapté*. (M.Sc.A., École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada), (UMI No. AAT MR19334), 132. Consulté le 13 juin 2007, tiré de Proquest Dissertations and Theses.
- Thériault, M., Voisin, M., & Des Rosiers, F. (2008). L'accessibilité aux services urbains: modélisation des différences socio-spatiales et mesure des impacts sur les valeurs résidentielles. In H. S. Lavoisier (éd.), *Information géographique et dynamique urbaines. 2, Accessibilité, environnement, paysage et valeur foncière* (2, pp. 119-151). Paris.
- Thevenin, T. (2001). L'analyse désagrégée: un luxe ou une nécessité? - Application à l'analyse des générateurs de déplacements à l'échelle urbaine. *Les rencontres de Théo Quant: 5e rencontre* (7p.).
- Thill, J.-C. (2000). Geographic information systems for transportation in perspective [Version électronique]. *Transportation Research Part C.*, 8(1), 3-12.
- Thomas, I. (2001). Cartographie d'aujourd'hui et de demain: rappel et perspectives. *Cybergeo: Revue européenne de géographie, Cartographie, imagerie & SIG*(189), 23.
- Tourangeau, R., Zimowski, M., & Ghadially, R. (1997). *An Introduction to Panel Surveys in Transportation Studies*: Federal Highway Administration.
- Transportation Research Board. (1995). *TCRP Report 9 - Transit Operations for Individuals with Disabilities* (Project B-1 FY '92). Washington, D.C.: Transportation Research Board.

- Transports Québec. (2007). Grand public. *Grand public/Transport collectif/Transport adapté/Évolution du service*. Consulté le 23 juin 2009, tiré de http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/grand_public/transport_collectif/transport_adapte/evolution_services.
- Trépanier, M. (1999). *Modélisation totalement désagrégée et orientée-objet appliquée aux transports urbains*. (Ph.D., École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada), (UMI No. AAT NQ48896), 229. Consulté le 8 janvier 2008, tiré de Proquest Dissertations and Theses.
- Trépanier, M., & Chapleau, R. (2001). Analyse orientée-objet et totalement désagrégée des données d'enquêtes ménages origine-destination. *Canadian Journal of Civil Engineering*(28), 48-58.
- Trépanier, M., Chapleau, R., & Tranchant, N. (2005). Cartes à puce en transport en commun: une exploitation informationnelle pour fins de planification. *40e congrès de l'Association québécoise du transport et des routes, Laval* (14 p.).
- Union des municipalités du Québec. (2008). Politique de mobilité et transport durables. Consulté le 6 septembre 2008, tiré de www.umq.qc.ca.
- Vadarevu, R. V., & Stopher, P. (1996). Household activities, life cycle, and role allocation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(1556), 77-86.
- Vaziri, M., Hutchinson, J., & Kermanshah, M. (1990). Short-term demand for specialized transportation: time-series model. *Journal of Transportation Engineering*, 116(1), 105-121.
- Weiner, E., & Riklin, E. S. (2005). Long-Term Planning. In *Handbook of Transport Strategy, Policy and Institutions* (1^e éd., Vol. 6, pp. 255-272). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Weiner, R. (2008). *TCRP Synthesis 76: Integration of Paratransit and Fixed-Route Transit Services*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Wilson, A. G. (1970). Advances and Problems in Distribution Modelling. *Transportation Research* 4, 1-18.

- Wilson, W. C. (1998). Activity pattern analysis by means of sequence alignment methods. *Environment and planning A* (30), 1017–1038.
- Wongsuphasawat, K., & Shneiderman, B. (2009). Finding Comparable Temporal Categorical Records: A Similarity Measure with an Interactive Visualization. *Human-Computer Interaction Lab*, 1-8. Consulté le 5 mai 2009, tiré de <http://hcil.cs.umd.edu/trs/2009-08/2009-08.pdf>.

ANNEXE

Annexe A: Table Mouvements vs Table Clients - Validation spatiale des mouvements basés sur le domicile

Phase I : XY_MOUVEMENT = XY_CLIENT								
		Identificateur ¹						
	Base domicile?	1	2	3	4	Erreur	Imputation	Occurrences (NB mouvements)
1	Oui	1	1	1	1	Aucune	Aucune	10675 [19.3%]
2	Oui	1	0	1	1	Nociv_mvmt =0 OU no_civ_client =0	Imputer la valeur non nulle à l'enregistrement possédant une valeur nulle	36 (13 clients)
3	Oui	1	1	0	1/0	Les rues ont une dénomination distincte [ex : de Chester vs Chester]	Choisir l'un des deux formats	87 (13 rues 14 clients)
4	Oui	1	1	1/0	0	Munic_mvmt ≠ munic_client	Imputer la bonne municipalité en fonction de l'adresse	1

Annexe A (suite): Table Mouvements vs Table Clients - Validation spatiale des mouvements basés sur le domicile

Phase II : XY_MOUVEMENT ≠ XY_CLIENT						
	Basé domicile?	Identificateur ¹				Occurrences (NB mouvements)
		1	2	3	4	
5	Oui	0	1	1	1	Coordonnées XY_mvmt et coordonnées XY_client ne proviennent pas de la même source ou mise à jour Imputer les coordonnées XY provenant de la table de données Mouvements aux enregistrements contenus dans la table de données Clients.
6	Variable (à valider selon la distance XY)	0	1	0	1	Les rues ont une dénomination distincte 77, dont 68 réellement dus à une erreur de dénomination

¹ [(1) : Coordonnées XY; (2) : Numéro civique : (3) : Rue; (4) : Municipalité] L'égalité entre les champs 1, 2, 3 et 4 pour les tables de données MOUVEMENTS et CLIENTS a été comparée et un opérateur booléen a été attribué en fonction du résultat : 1 (VRAI), 0 (FAUX).