UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

UTILISATION DES TECHNOLOGIES INFORMATIONNELLES DANS L'ANALYSE DU TRANSPORT ADAPTÉ

ROLANDO SARMIENTO

DÉPARTEMENT DES GÉNIES

CIVIL, GÉOLOGIQUE ET DES MINES

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES

(GÉNIE CIVIL)

AVRIL 2004

© Rolando Sarmiento, 2004

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: 0-612-97981-4
Our file Notre référence
ISBN: 0-612-97981-4

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

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

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

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

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

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

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 :

UTILISATION DES TECHNOLOGIES INFORMATIONNELLES DANS L'ANALYSE DU TRANSPORT ADAPTÉ

Présenté par : SARMIENTO Rolando

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

A été dûment acceptée par le jury d'examen constitué de :

M. BAASS Karsten, Ph. D., président

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

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

REMERCIEMENTS

De nombreuses personnes ont contribué, d'une manière ou d'une autre, à ce projet. L'auteur remercie en premier lieu le professeur Robert Chapleau pour son soutien technique et sa patience. L'auteur veut aussi remercier le professeur Chapleau pour l'opportunité qu'il lui a donnée de devenir un professionnel plus compétent et plus intégral.

L'auteur souhaite remercier la STM pour son soutien aux activités d'initiation à la recherche, dans le cas présent, par un accès privilégié à des données exprimant l'utilisation réelle des services de transport adapté sur son territoire et M. Jacques Lussier, du centre de transport adapté pour lui avoir permis la réalisation des observations sur le terrain.

Le soutien du CRSNG (Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada), comme contribution partielle à la réalisation de cette démarche d'initiation à la recherche, doit aussi être souligné.

Parmi toutes les personnes qui ont apporté leur contribution à l'accomplissement de ce projet, je tiens particulièrement à remercier Hassan El-Amri et Mathieu Jacquot qui m'ont soutenu et encouragé pendant les moments difficiles, Daniel Picher et Catherine Morency qui ont été toujours prêts à répondre à mes

questions, tous les étudiants de maîtrise en transport avec lesquels j'ai profité de moments qui vont rester pour toujours dans ma mémoire.

Enfin, je veux exprimer mon éternelle gratitude envers mon épouse Esmeralda et ma fille Mariana, pour m'avoir soutenu pendant tous les moments et qui sont la source d'inspiration de tous les pas que je fais pour être une meilleure personne et un professionnel plus compétent.

RÉSUMÉ

Au-delà des importants principes sociétaux d'équité et d'accessibilité, au-delà des difficultés opérationnelles quotidiennes de réservation et de répartition/organisation des horaires de véhicules, au-delà des efforts consentis par la collectivité pour assurer des services de qualité à une clientèle qui ne peut s'adapter à l'utilisation du transport en commun traditionnel, le transport public des personnes handicapées constitue, sous une perspective analytique technique, un défi méthodologique fort intéressant.

En effet, il peut être derechef reconnu que c'est d'abord un système intégré de petite taille pour lequel une INFORMATION TOTALEMENT DÉSAGRÉGÉE est disponible aux gestionnaires du système. Cela crée, selon notre opinion, certaines obligations alors que déjà de nombreuses tentatives dites d'optimisation se sont révélées fort timides comme Systèmes d'Aide à la Planification Opérationnelle. D'ailleurs, une certaine unanimité -de moins en moins confidentielle- prétend qu'il y a d'autres enjeux que celui d'une simple efficacité économique. On parle alors de dérive de paradigme.

Sans précisément alimenter cette question d'ordre philosophique, notre préoccupation est de proposer une nouvelle approche analytique du Transport Adapté en nous appuyant sur un discours d'évaluation méthodologique critique ayant pour seul objectif, à l'aide d'un système intégré d'information opérationnelle et géographique, de visualiser et de clarifier divers enjeux.

Ainsi, la place des S.I.G. devient prépondérante pour illustrer la distribution spatiale de la clientèle ainsi que des diverses classes de sites de destination, la productivité des véhicules, la distribution temporelle efficace du service, la répartition simultanée des ressources et du service rendu. En outre, il sera fait état d'une analyse catégorielle des diverses clientèles autorisant l'espoir

d'élaborer dans un proche avenir un modèle d'estimation de la demande fondée sur les caractéristiques socio-démographiques et comportementales associées de la clientèle.

En guise de démonstration de cette méthode d'évaluation exploratoire, un ensemble complet de données géo-référencées (horizon d'une semaine) - relatives aux activités du transport adapté de la STM- est exploité sous les diverses perspectives mentionnées plus avant.

ABSTRACT

Beyond the important social principles of equity and accessibility, beyond the daily operational difficulties of reservation and organisation of the vehicle schedules, beyond the efforts authorized by the community to ensure a service of quality to customers which cannot adapt to the use of traditional transit, the public transport of the handicapped people constitutes, under a technical analytical prospect, an extremely interesting methodological challenge.

Indeed, it can be yet again recognized that it is initially an integrated system of small size for which a COMPLETELY DISAGGREGATED INFORMATION is available to the managers of the system. That creates, according to our opinion, certain obligations whereas already many attempts known as "optimization" appeared strongly shy as a System of Operational Planning aid. Moreover, a certain unanimity - less and less confidential - claims that there are other stakes than a simple economic effectiveness. We speaks then about a drift paradigm.

Without precisely addressing this question of a philosophical nature, our concern is to propose a new analytical approach for the Paratransit, while being based on a criticizes methodological evaluation speech, having for only objective, using an integrated of operational and geographical information systems, to visualize and clarify various stakes.

Thus, the place of the S.I.G. becomes dominating to illustrate the spatial distribution of the customers as well as various sorts of sites for destination, the productivity of the vehicles, the effective temporal distribution of the service, the simultaneous distribution of the resources and rendered service. Moreover, it will

be made state of a categorical analysis of the various customers authorizing the hope to work out in the near future a model to estimate the demand based on the socio-demographic and behavioral characteristics associated to the customers.

As a demonstration of this method of exploratory evaluation, a complete set of géo-referred data (one week horizon) - relating to the activities of the paratransit within the STM (Société de Transport de Montréal) - is exploited under the various perspectives mentioned before.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS ..... **IV**
RÉSUMÉ ..... **VI**
ABSTRACT ..... **VIII**
TABLE DES MATIÈRES ..... **X**
LISTE DE FIGURES ..... **XIII**
LISTE DE TABLEAUX ..... **XXI**
CHAPITRE 1. INTRODUCTION **1**
1.1 Le sujet 3
1.2 La méthodologie 6
1.3 Le plan 7
CHAPITRE 2. CADRE OPÉRATIONNEL DU TRANSPORT ADAPTÉ **10**
2.1 Description de l'exploitation d'un service de transport adapté 10
2.2. Les statistiques 12
2.2.1 Au Québec 12
2.2.2 À Montréal 19
2.3 Cadre juridique et financier 23
2.4 Cadre organisationnel 25
2.5 Cadre opérationnel 29
CHAPITRE 3. MODÉLISATION SYSTÉMIQUE ET INFORMATIONNELLE DU TRANSPORT ADAPTÉ **31**
3.2 Les classes d'objets en transport adapté 35
3.2.1 La classe d'objet *Lieu* 36
3.2.2 La classe d'objet *Client* 40

3.2.3 La classe d'objet *Déplacement* 42

3.2.4 La classe d'objet *Tournée* 43

3.2.5 Classe d'objet *Réseau TA* 45

3.3 Les relations entre les objets du transport adapté 45

3.3.1 Propriétés et méthodes liées à la demande de transport 46

3.3.2 Propriétés et méthodes liées à l'offre 52

3.3 Conclusions 54

CHAPITRE 4. ANALYSE DÉSAGRÉGÉE DES OBJETS DU T.A. 55

4.1 L'information disponible pour l'analyse 56

4.2 Description des données 59

4.2.1 La géolocalisation des données 60

4.3 Analyse comportementale de la mobilité 63

4.3.1 L'analyse de la demande 65

4.4 Caractérisation du niveau de service 93

4.4.1 L'analyse de l'offre 93

4.4.2 Les ressources disponibles 94

4.5 Conclusion du chapitre 127

CHAPITRE 5. LES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE COMME OUTILS D'ANALYSE EN TRANSPORT ADAPTÉ 128

5.1 L'information géographique 129

5.1.1 Le rôle des cartes topographiques dans un SIG 129

5.1.2 Les attributs liés aux données spatiales 134

5.1.3 Les formats utilisés pour les données d'un SIG 134

5.2 La modélisation des données spatiales 135

5.2.1 Définition des entités 136

5.2.2 Choix du modèle des données spatiales 137

5.2.3 Sélection de la structure des données spatiales 138

5.2.4 La modélisation des réseaux 140

5.2.5 Le monde dans une boîte 141

5.3 La gestion de données spatiales et non spatiales 143

5.4 Analyse de données 147

5.4.1 La mesure des distances, périmètres et superficies en SIG 147

5.4.2 Les requêtes 149

5.4.3 Le reclassement 152

5.4.4 La fonction de création des corridors (Buffering) 153

5.4.5 La fonction de superposition (Overlay) 155

5.5 Exemples des applications des Systèmes d'Information Géographique 156

CHAPITRE 6. CONCLUSIONS 168

6.2 La demande 169

6.2 L'offre 170

6.3 Les nouvelles technologies 170

BIBLIOGRAPHIE 171

LISTE DE FIGURES

Figure 1.1 Station de contrôle du transport adapté 4

Figure 1.2 Méthodologie générale avec accent sur les technologies informationnelles 7

Figure 1.3 Plan de travail 9

Figure 2.1 Structure par âge des personnes ayant une incapacité en 1998 14

Figure 2.2 Confinement et difficulté à quitter la demeure pour des courts trajets 15

Figure 2.3 Évolution de la clientèle admise par la STM (1996-2001) 21

Figure 2.4 Évolution du nombre de déplacements par personne admise (1996-2001) 21

Figure 2.5 Évolution du nombre de passagers transportés selon le mode (1996-2001) 22

Figure 2.6. Évolution du coût des passagers selon le mode de transport 22

Figure 2.7 Organigramme administratif du Ministère des Transports du Québec 26

Figure 2.8 Organismes de transport adapté dans le territoire de l'AMT 28

Figure 3.1 L'approche systémique 31

Figure 3.2 Modèle - objet du transport adapté 34

Figure 3.3 Notation utilisée pour les modèles - objets 35

Figure 3.4 Spatialisation des 10 principaux générateurs 37

Figure 3.5 Information des générateurs disponibles dans le site Internet du groupe MADITUC 39

Figure 3.6 Déplacements réalisés le lundi par municipalité d'origine selon motif 40

Figure 3.7 Nombre de clients de la STM qui habitent la Rive-Sud proche 41

Figure 3.8 Comparaison entre les distances réelles parcourues et les distances calculées à vol d'oiseau 43

Figure 3.9 Charge aux arrêts et distance parcourue dans une tournée particulière. 44

Figure 3.10 Diagramme des relations du modèle orienté - objet du TA 46

Figure 3.11 Objets et propriétés utilisés pour classifier les générateurs 49

Figure 3.12 Répartition de la clientèle selon la mobilité 51

Figure 3.13 Objets et propriétés utilisés pour déterminer le statut des clients.....51

Figure 3.14 Objets et propriétés utilisés pour la caractérisation des tournées.....53

Figure 4.1 Déplacement individuel totalement désagrégé 56

Figure 4.2 Fichier de base de données des déplacements.....57

Figure 4.3 Ontologie sommaire de la base de données.....59

Figure 4.4 Schéma d'exploitation des bases des données 60

Figure 4.5 Territoire de la STM divisé en 41 zones et 5 régions 61

Figure 4.6 Géolocalisation des clients de la STM 62

Figure 4.7 Géolocalisation des origines des déplacements d'un jour spécifique....63
Figure 4.8 Spatialisation de la clientèle....64
Figure 4.9 Statistiques de la population handicapée à Montréal....66
Figure 4.10 Distribution de la clientèle selon le dégré de mobilité....67
Figure 4.11 Nombre de clients selon le nombre de jours d'utilisation du service....67
Figure 4.12 Superposition des pyramides d'âges des clients inscrits et mobiles....68
Figure 4.13 Évolution de la non mobilité avec l'âge....69
Figure 4.14 Distribution par âge et par type des handicapés....70
Figure 4.17 Pyramide d'âge selon le sexe et la région....72
Figure 4.18 Localisation de la clientèle francophone et anglophone....73
Figure 4.19 Nombre de clients selon handicap par élément du code EAFT....74
Figure 4.20 Courbes démographiques selon le motif du déplacement....75
Figure 4.21 Distribution de déplacements selon motif....76
Figure 4.22 Pyramide d'âge selon statut....79
Figure 4.22 Pourcentage d'utilisation des minibus et taxis par handicap....80
Figure 4.24 Taux hebdomadaire moyen de déplacements selon la cohorte d'âge....81
Figure 4.25 Taux de déplacements selon handicap....82
Figure 4.26 Taux de déplacements par région....82

Figure 4.27 Distribution du nombre de déplacements selon le type de handicap 83
Figure 4.28 Types de générateurs 84
Figure 4.29 Géolocalisation des 701 générateurs autres que domiciles et non-définis 85
Figure 4.30 Localisation des générateurs au centre-ville 85
Figure 4.31 Inventaire des générateurs 86
Figure 4.32 Spatialisation des 100 plus importants générateurs....87
Figure 4.33 Visualisation de l'information du centre de réadaptation MIRIAM....88
Figure 4.34 Activité dans le centre de réadaptation MIRIAM pendant la semaine d'étude....88
Figure 4.35 Spatialisation des lieux de travail et nombre de déplacements attirés pour «Intellectuels» 89
Figure 4.36 Distribution des handicapés par région d'origine dans la «Maison de la culture Rivière-des-Prairies»....90
Figure 4.37 Répartition modale pour la «Maison de la culture Rivière-des-Prairies»....91
Figure 4.38 Distribution horaire (5 minutes) des déplacements en minibus et en taxi 92
Figure 4.39 Distribution des déplacements selon la période de la journée pendant un jour type. 92

Figure 4.40 Nombre de tournées et de déplacements effectués selon le mode 94
Figure 4.41 Véhicules du transport adapté 95
Figure 4.42 Nombre de minibus en opération 96
Figure 4.43 Répartition temporelle des tournées en minibus 97
Figure 4.44 Nombre des tournées selon la durée pendant la semaine 98
Figure 4.45 Relation entre le nombre d'arrêts et la durée de la tournée. 99
Figure 4.46 Distribution des distances parcourues en minibus 100
Figure 4.47 Longueur moyenne des parcours pendant la semaine 101
Figure 4.48 Relation entre la distance parcourue et la durée des tournées 101
Figure 4.49 Variation du DPT moyen pendant la semaine 102
Figure 4.50 Variation du DPT maximal pendant la semaine 103
Figure 4.51 Nombre de tournées selon DPT moyen le lundi 104
Figure 4.52 Variation de l'indicateur de distance parcourue en trop (DPT) le lundi 104
Figure 4.53 Comparaison des distances parcourues et à parcourir 105
Figure 4.54 Évolution du service de minibus pendant le lundi 106
Figure 4.55 Passagers transportés pendant la semaine 107
Figure 4.56 Variation de la charge et nombre de personnes transportées en minibus 108
Figure 4.57 Variation de la vitesse moyenne des tournées pour la semaine 109

Figure 4.58 Vitesse maximale, minimale et moyenne entre les arrêts pour deux tournées 110
Figure 4.59 Indicateurs de consommation des minibus pendant la semaine d'étude....111
Figure 4.60 Répartition du nombre de passagers transportés selon handicap 112
Figure 4.61 Taux d'occupation moyen par jour 113
Figure 4.62 Taux d'occupation en fonction de la distance parcourue pour le lundi 114
Figure 4.63 Taux d'occupation en fonction de la durée des tournées le lundi 114
Figure 4.64 Statistiques à vide et Indicateur de productivité 116
Figure 4.65 Nombre de taxis en opération par jour et par heure....118
Figure 4.66 Répartition temporelle des tournées en taxi....119
Figure 4.67 Nombre des tournées selon la durée pendant la semaine....120
Figure 4.68 Relation entre le nombre d'arrêts et la durée de la tournée. 121
Figure 4.69 Distribution des distances parcourues en taxi....122
Figure 4.70 Relation entre la distance parcourue et la durée des tournées....123
Figure 4.71 Évolution du service de taxi le lundi 124
Figure 4.72 Passagers transportés pendant la semaine 125
Figure 4.73 Relation entre la vitesse moyenne et le nombre de tournées 126
Figure 4.74 Indicateurs de consommation 126

Figure 5.1 Projections cartographiques cylindriques.....132

Figure 5.2 Projections UTM et MTM 132

Figure 5.3 Processus de modélisation des données spatiales.....136

Figure 5.4 Modèle des entités spatiales.....137

Figure 5.5 Modèles matriciel et vectoriel.....138

Figure 5.6 Structure topologique des données spatiales sur le transport adapté.....140

Figure 5.7 Modèle vectoriel simplifié d'une tournée 141

Figure 5.8 Structuration par couches 142

Figure 5.9 Diagramme MAE pour le transport adapté.....145

Figure 5.10 Intégration des données spatiales et non spatiales 146

Figure 5.11 Mesure de la distance VDO entre le domicile du client et un générateur (Hôpital Douglas).....148

Figure 5.12 Mesure de la distance parcourue par une tournée.....149

Figure 5.13 Requête sur un attribut de l'objet client.....150

Figure 5.14 Requête sur les distances parcourues par une tournée.....151

Figure 5.15 Requête sur les distances improductives d'une tournée.....151

Figure 5.16 Requêtes sur les clients inscrits.....152

Figure 5.17 Reclassement d'un modèle matriciel.....153

Figure 5.18 «Buffering» d'une tournée pour déterminer les générateurs à 500 mètres autour.....154

Figure 5.19 «Buffering» autour d'un générateur pour déterminer la clientèle potentielle 155

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 2.1 Difficulté à quitter la demeure pour de courts trajets[1] selon l'âge, le sexe et le niveau de revenu du ménage, population de 15 ans et plus avec incapacité non confinée à la demeure, Québec, 1998 ..... **16**

Tableau 2.2 Difficulté à quitter la demeure pour de courts trajets[1] selon la gravité de l'incapacité et l'indice de désavantage lié à l'incapacité, population de 15 ans et plus avec incapacité non confinée à la demeure, Québec, 1998 ..... **16**

Tableau 2.3 Difficulté à quitter la demeure pour de courts trajets[1] selon la nature de l'incapacité[2], population de 15 ans et plus avec incapacité non confinée à la demeure, Québec, 1998 ..... **17**

Tableau 2.4 Croissance des services 1993-2001 – Québec (source : Répertoire statistique 2001- Transport adapté) **19**

Tableau 2.5 Indicateurs de performance (source : Transport adapté aux personnes handicapées 2001 – MTQ) **20**

Tableau 3.1 Propriétés et méthodes associées à la classe Lieu **38**

Tableau 3.2 Propriétés et méthodes associées à l'objet Client **41**

Tableau 3.3 Propriétés et méthodes de la classe objet Déplacement **42**

Tableau 3.5 Propriétés et méthodes de la classe objet Tournée **44**

Tableau 3.6 Propriétés et méthodes de la classe objet Réseau TA **45**

Tableau 3.7 Propriétés et méthodes de l'objet générateur **48**

Tableau 3.8 Propriétés et méthodes de l'objet client **52**

Tableau 4.1 Description des fichiers des données sur le service de TA **58**

Tableau 4.2. Distribution des handicapés par région **70**

Tableau 4.3. Distribution par genre selon municipalité **71**

Tableau 4.4 Distribution spatiale de la clientèle selon la langue parlée **73**

Tableau 4.5 Nombre de clients selon handicap par code EAFT **74**

Tableau 4.6 Données opérationnelles dans la semaine d'étude **93**

Tableau 4.7 Indicateurs d'arrêts, de mouvements et de passagers transportés par jour pour un minibus **99**
Tableau 4.8 Compilation des tournées et arrêts par jour **106**
Tableau 4.9 Distribution journalière des tournées **117**
Tableau 4.10 Nombre d'arrêts et de passagers transportés par jour **121**
Tableau 4.11 Compilation des tournées et arrêts par jour **124**
Tableau 5.1 Unités et échelles de mesure **134**

CHAPITRE 1. INTRODUCTION

Le transport adapté, de par ses considérations « *d'équité, de philosophie et de morale* », s'avère une opération à la fois économiquement coûteuse et socialement insuffisante. Il est de connaissance publique, maintes fois médiatisée, que malgré les efforts investis, les résultats apparaissent à plusieurs égards fort perfectibles. Selon notre intuition, une meilleure utilisation des ressources impliquées exige une meilleure connaissance des comportements des divers acteurs et agents intervenant dans le système. A cet égard, il nous apparaît que bien des efforts et des énergies sont concentrés sur des pseudos instruments d'optimisation pour assister des répartiteurs dont l'action reste limitée au court terme. Et si...? En effet! Que risque-t-on à tenter un nouveau paradigme pour l'approche de l'organisation et de la gestion du service du transport adapté? Et si... on avait besoin d'une connaissance des « patrons » de demande de ces clients spécifiques? Et si... on mesurait mieux les taux d'utilisation spatio-temporelle de nos véhicules spécialisés? Et si... on connaissait mieux les pratiques d'accueil des « attracteurs » (hôpitaux, CLSC, centre d'accueil, ateliers spécialisés, institutions scolaires, etc...) de déplacements du transport adapté? Et si... on pouvait mieux prédire la demande de déplacements à moyen et long terme, non pas à partir de sondage sur la santé ou le vieillissement, mais à partir des pratiques d'admission et des besoins exprimés (et réalisés) de cette clientèle spéciale? .....

Dans ce contexte de questionnements, l'objectif de cette recherche est d'amorcer, sans prétention aucune, une nouvelle voie d'investigation et de compréhension des éléments d'un SYSTÈME (le transport adapté) à partir d'une APPROCHE INFORMATIONNELLE TOTALEMENT DÉSAGRÉGÉE. Cela s'inscrit dans une démarche continue débutée en 1996 (Groupe MADITUC – Chapleau, Allard et Trépanier «Caractérisation objective du transport adapté à la

Société de transport de la Communauté urbaine de Montréal »), reconsidérée ensuite à l'aide de représentations typiques des tableurs -mémoire de maîtrise de B. Roux (2001)- quelques années plus tard. A cette occasion, un échantillon de 14 jours de données a été traité et les thèmes suivants ont été abordés :

1. L'état du système d'information actuel sur le transport adapté et son inaptitude à traiter, de manière "interactive graphique", les données à références spatiales.

2. La caractérisation quantitative spatialisée de la clientèle.

3. La caractérisation quantitative et "temporalisée" de l'offre de service (tournées des minibus et taxis).

Au Québec, la gestion des systèmes de transport adapté est effectuée par 104 compagnies de services de transport adapté. La majorité des compagnies gèrent leur service de manière artisanale, et seulement neuf organismes publics de transport adapté utilisent dans leurs systèmes des outils informationnels appropriés. Utilisés de façon adéquate, ces outils permettent de faire la conception des tournées des véhicules, de maintenir une communication continue avec l'usager ou de faire une prévision de la demande à moyen terme.

L'utilisation des nouvelles technologies informationnelles s'avère l'approche la plus efficace pour réussir une meilleure planification des systèmes de transport adapté et donc optimiser les ressources. Les personnes directement impliquées dans l'optimisation des ressources sont les planificateurs, qui déterminent l'offre et la demande de transport, et les préposés, qui sont chargés de l'assignation des clients dans une tournée quand une annulation ou un service de dernière minute se présentent.

Une société comme la notre doit toujours assurer un service de transport à tous les citoyens, quelle que soit leur condition physique et mentale. Les personnes handicapées ou à mobilité réduite doivent, comme le reste de la population, pouvoir décider s'ils restent chez eux ou s'ils se rendent à la destination de leur choix. Pour respecter ce droit humain, les coûts sont cependant très élevés. Le service de transport adapté est en effet un service personnalisé de porte à porte, et il engendre par conséquent des coûts d'opération importants. Une gestion technique et administrative performante et fonctionnelle devient alors un outil essentiel.

1.1 Le sujet

Pour minimiser les coûts sans sacrifier le niveau de qualité du service, il faut doter les planificateurs et les préposés d'instruments qui leur permettront de prendre des décisions basées sur la conservation du niveau de service et sur l'optimisation des ressources. Il est même permis de rêver et d'imaginer que, comme dans la «tour de contrôle d'un aéroport», les planificateurs et les préposés puissent disposer de tous les moyens pour indiquer la localisation des clients, des véhicules et des générateurs, ainsi que différents indicateurs qui permettraient d'identifier le niveau de service fourni à la clientèle tout en présentant les effets de la modification d'une tournée et en recalculant la meilleure séquence pour une tournée. Un tel instrument –comportant un soutien informationnel assisté par ordinateur - existe déjà dans les contextes de centres de renseignements à l'usager (MADPREP, 1994) et de conduite d'interviews lors des enquêtes Origine-Destination (MADQUOI, 1998).

Des instruments génériques comme les logiciels de traitement de texte, les tableurs, les logiciels de présentation, les logiciels de dessin, les langages de programmation, les logiciels de gestion de bases de données et les logiciels de système d'information géographique, aident les planificateurs à réaliser plusieurs

traitements et sont souvent moins rigides que les logiciels dits « d'application » [TREPANIER,1999].

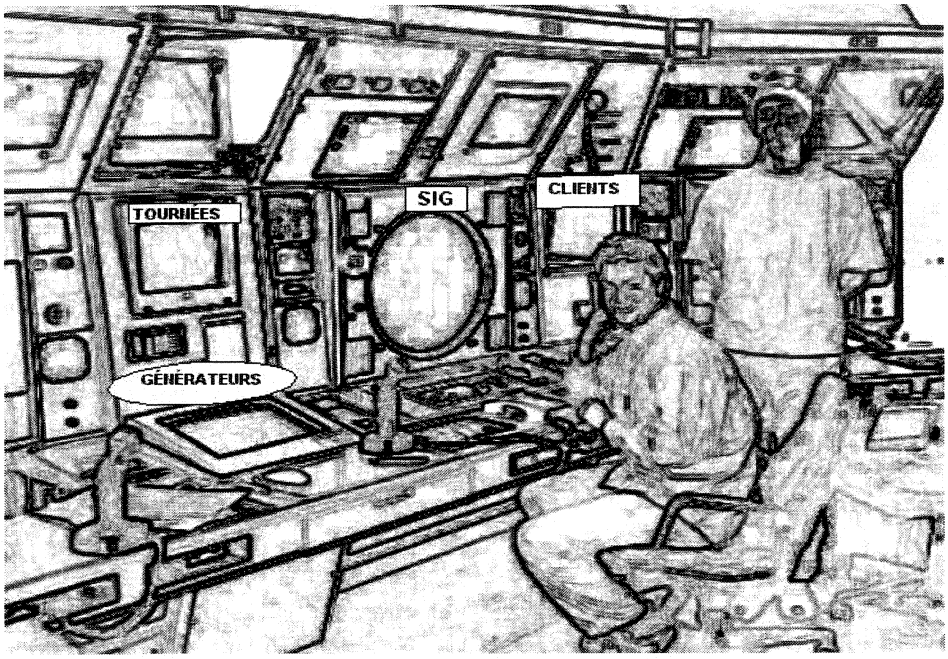


Figure 1.1 Station de contrôle du transport adapté
(source : http://www.scout.ch/)

La présente recherche montrera comment, avec l'aide du tableur (EXCEL®) et des logiciels de système d'information géographique (ARC Explorer ®, Christine ®), des instruments, indicateurs et graphiques peuvent être créés pour faciliter l'opération et la planification d'un système de transport adapté. Les fonctionnalités trouvées en EXCEL®, comme les tableaux croisés dynamiques, le filtre automatique et le triage, permettront le traitement des bases de données fournies par la Société de transport de Montréal (STM) et par conséquent la création des instruments requis. Ces instruments nous permettront alors de répondre à des questions comme :

- Quelle est la distance réelle parcourue par le client?
- Qui sont les handicapés les plus pénalisés dans une tournée?

- Quand et pourquoi se déplacent les différents usagers du service de transport adapté?
- Est-ce que le taux d'occupation d'un véhicule est trop bas?

L'introduction des systèmes d'information géographiques au début des années soixante a déclenché la création de toute une science qui a des applications dans divers domaines. Dans le domaine du transport, on trouve des applications qui aident à résoudre des problèmes de planification permettant une meilleure communication avec les usagers. Les SIG-T (Systèmes d'information géographiques-Transport) nous permettent de répondre à des questions comme :

- Où sont localisés les différents objets qui constituent le transport adapté ?
- Quelles sortes de « patterns » existent?
- Quels sont les changements qui se sont produits pendant une certaine période de temps?
- Quel type de condition doit être remplie pour prendre une décision?
- Quelles sortes de problèmes sont amenés si des modifications sont effectuées?

Pour mieux gérer l'utilisation des ressources dans un organisme de transport adapté (OTA) sans affecter le niveau de service, les OTA ont opté pour l'implantation de systèmes intelligents de transport adapté, supportés par de nouvelles technologies comme :

- les systèmes de gestion de base de données (SGBD) avec lesquels on gère les différentes données spatiales et socio-économiques
- les logiciels de génération et de planification des tournées qui permettent la conception optimale des tournées et de ses horaires

- les systèmes de localisation des véhicules qui aident à la prise de décision de la part des préposés quand la modification d'une tournée ou l'annulation d'un client se présentent.

Le sujet principal de cette étude est centré sur les avantages analytiques qu'apporte l'implantation des systèmes informationnels (SGBD et SIG) dans un organisme qui rend des services de transport adapté à Montréal.

1.2 La méthodologie

- Dans ce contexte, comme illustré à la figure 1.2, notre propos s'articule sur l'exploitation de quelques technologies informationnelles dans le but d'analyser la situation du transport adapté et d'en déduire une meilleure clarification des enjeux de planification opérationnelle. En conséquence, la démarche comporte quatre étapes : d'abord, une description (de type profane) de l'exploitation d'un service de transport adapté, suivie d'une description analytique des enjeux observés à l'aide d'un échantillon d'une semaine à la STM; puis, il est présenté quelques concepts propres à une modélisation orientée-objet qui sous-tendent une exploitation large des S.I.G. pour fins de visualisation des phénomènes.

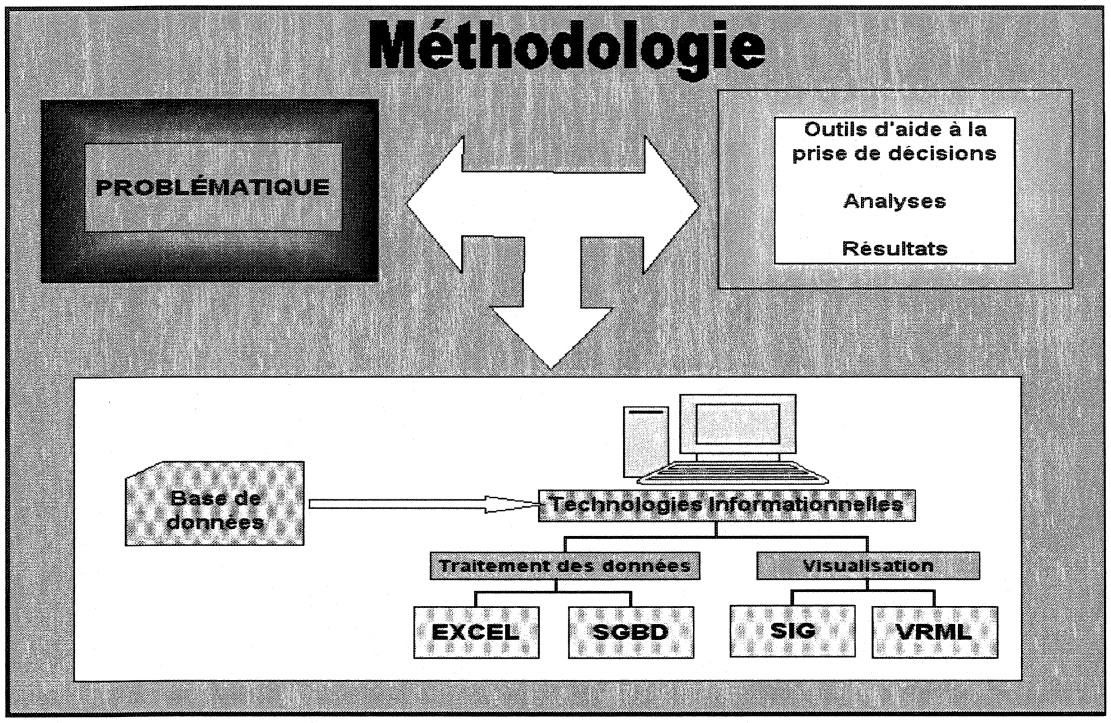


Figure 1.2 Méthodologie générale avec accent sur les technologies informationnelles

1.3 Le plan

Pour atteindre cet objectif d'optimisation en utilisant les nouvelles technologies déjà disponibles sur le marché, cette étude procédera à l'analyse des différents objets du transport adapté que sont le client, les générateurs et les tournées pour en tirer des patrons qui permettront de déduire des modèles de comportements et finalement des outils d'analyse très utiles.

Le chapitre 2 de notre étude, permettra de connaître la façon dont est organisé le transport adapté au Québec et à Montréal. La structure financière, organisationnelle et opérationnelle sera décrite dans cette partie de l'étude.

En utilisant la modélisation orientée - objet, dans le chapitre 3, une modélisation systémique et informationnelle du service de transport adapté à Montréal sera développée.

Le chapitre 4 montrera comment l'approche totalement désagrégée peut s'avérer un outil d'analyse qui amène à une connaissance approfondie des habitudes des usagers, qui sert à l'évaluation du niveau de service et qui permet la prévision de la demande. Le traitement des données fournies par la Société de Transport de Montréal (STM) à l'aide de tableurs sera la voie à emprunter pour retirer et visualiser de l'information précieuse qui était cachée.

Le chapitre 5 permettra de montrer les avantages de l'utilisation des systèmes d'information géographiques dans le domaine du transport adapté. La façon dont la visualisation de l'information dans une plate-forme informationnelle comme le SIG est présentée, peut s'avérer incontournable pour les sociétés de transport qui cherchent toujours l'augmentation de leur niveau de service et l'optimisation de l'utilisation des ressources.

Pour atteindre les objectifs visés par notre étude, l'utilisation des instruments informationnels comme les systèmes de gestion de bases de données, les tableurs avec génération de graphiques, les logiciels de visualisation de systèmes d'information géographiques et l'utilisation de technologies GPS (Global Positioning System), est fortement recommandée. La figure 1.2 montre la séquence des sujets à traiter ainsi que les ressources impliquées dans cette étude.

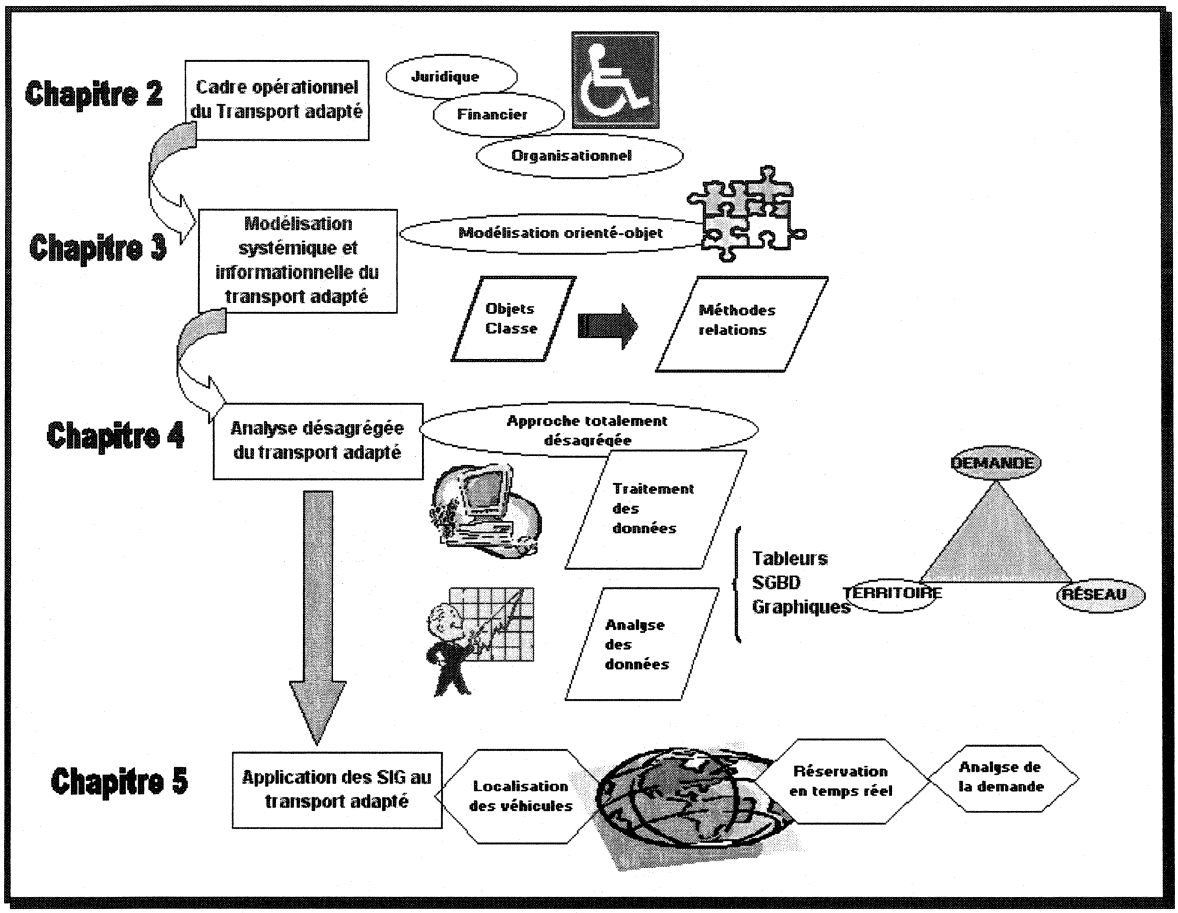


Figure 1.3 Plan de travail

CHAPITRE 2. CADRE OPÉRATIONNEL DU TRANSPORT ADAPTÉ

Il me semble important d'illustrer comment fonctionne le transport adapté au Québec et à Montréal. En premier lieu, les statistiques publiées par le gouvernement et par la Société de transport de Montréal seront présentées pour renseigner sur l'ampleur du système à l'échelle provinciale et régionale.

Le cadre juridique, financier, organisationnel et opérationnel du TA (Transport adapté) au Québec est présenté ensuite pour situer le lecteur dans le contexte québécois du transport des personnes à mobilité réduite.

2.1 Description de l'exploitation d'un service de transport adapté

La description réalisée dans les paragraphes suivants reflète de façon brève le fonctionnement d'un service de transport adapté particulier et peut varier d'un organisme à un autre.

Un service de transport adapté dessert la clientèle admissible localisée dans un territoire établi. Les personnes résidant dans ce territoire doivent faire une demande d'admission auprès de l'organisme de transport adapté (OTA) responsable du service dans leur territoire. Un comité constitué des représentants de l'OTA, des représentants des usagers et des représentants de la municipalité établit l'admissibilité du demandant selon les règles décrétées par le Ministère des Transports du Québec (cf. 2.2).

Une personne handicapée admise au service de transport adapté obtient un numéro de dossier avec lequel elle pourra demander des services porte à porte dans les véhicules mis à disposition (taxis ou minibus) par l'organisme de transport adapté. La demande d'un déplacement est faite par téléphone auprès

du Centre de réservation. Il existe des demandes de déplacements réguliers, occasionnels et par anticipation.

Les demandes de déplacements occasionnels s'appliquent à des déplacements qui ont lieu ponctuellement et qui nécessitent donc un arrangement par téléphone chaque fois que le service est requis. La demande pour un déplacement occasionnel peut être faite à compter de trois jours à l'avance ou le jour même du déplacement, mais elle est toujours assujettie à la disponibilité des ressources.

Les demandes de déplacements réguliers, c'est à dire qui se font de façon répétitive pendant la semaine et pendant plusieurs semaines, et du même point d'origine à la même destination, peuvent être arrangées par le client dès que son besoin est clairement établi. Une confirmation lui sera donnée avant le début de ses déplacements. Ces déplacements réguliers sont, à chaque fois, inscrits automatiquement sur un bon de commande taxi ou une feuille de route minibus. Certaines feuilles de route ne contiennent que les déplacements réguliers et constituent le service de base de l'organisme de transport adapté.

La demande d'un déplacement occasionnel sera affiliée à différents types de véhicules (taxi ou minibus) et, de cette façon, l'organisme organisera les tournées de minibus et les courses de taxi en incluant les déplacements réguliers déjà confirmés. Le choix du type de véhicule dépend de la capacité ambulatoire du client. Les clients en fauteuils roulants sont normalement transportés en minibus. Les autres clients peuvent emprunter autant le minibus que le taxi. Certains clients ont besoin d'être obligatoirement accompagnées par une personne. La confirmation de la transaction est faite une fois que le type de véhicule et les heures d'embarquement et de débarquement du client sont établis.

Lorsque la confirmation est faite, l'organisme produit un bon de commande pour le taxi ou une feuille de route pour le minibus. Les bons de commande sont ensuite transmis aux compagnies de taxi par télécopieur ou par courrier électronique, et les feuilles de route sont données aux chauffeurs afin qu'ils effectuent les tournées selon l'itinéraire décrit.

Les feuilles de route sont imprimées chaque jour et les chauffeurs doivent les prendre à l'heure fixée au début de sa journée. Dans les feuilles de route sont indiqués le nom du client, les adresses d'origine et de destination, et les heures prévues pour le ramassage et le dépôt. L'organisme prédétermine de façon manuelle ou automatisée l'ordre chronologique et géographique de chaque tournée. De manière fréquente, les clients annulent leurs déplacements. Les minibus sont dotés d'équipements de radio pour maintenir une communication constante avec le centre de transport adapté et pouvoir ainsi ajuster leurs itinéraires selon les ajouts ou les annulations qui se présentent.

Les feuilles de route et les ajustements nécessaires se font en considérant les temps de parcours de chaque déplacement. Certains organismes qui font la répartition des déplacements de façon manuelle utilisent l'expérience des préposés (anciens chauffeurs) pour établir les tournées. D'autres organismes utilisent des logiciels qui font la répartition en tenant compte des temps de parcours selon les conditions réelles de circulation.

2.2. Les statistiques

2.2.1 Au Québec

De plus en plus, les statistiques démontrent que l'implantation d'un système de transport adapté aux besoins des personnes à incapacités aide à améliorer leur mobilité, leur bien-être et leur intégration dans la société. Au Québec, l'Institut de

la statistique du Québec a réalisé une enquête permettant de faire le suivi de l'évolution de la situation des personnes handicapées. Le nombre de personnes souffrant d'une incapacité physique ou intellectuelle qui sont confinées chez elles ou qui ont de «la difficulté à quitter la demeure pour de courts trajets», atteint aujourd'hui le million approximativement. Cette enquête, nommée l'*Enquête québécoise sur les limitations d'activités 1998* (EQLA) est le prolongement de l'*Enquête sur la santé et les limitations d'activités* (ESLA) réalisée par Statistique Canada après les recensements de 1986 et 1991.

L'EQLA fournit des statistiques relatives aux déplacements locaux (courts trajets – moins de 80 km) et de longue distance (longs trajets – 80 km ou plus) de personnes adultes de 15 ans et plus et d'enfants de 0 à 14 ans. La population visée concerne les logements privés de toutes les régions socio-sanitaires du Québec. «Toutes les personnes ayant une incapacité et qui habitent dans des ménages collectifs institutionnels (hôpitaux, centres d'accueil) et non institutionnels (centres religieux, maisons à chambres, pensions) étaient exclues de l'enquête. Cette population représente seulement 1,7% de l'ensemble de la population québécoise avec incapacités en 1991 » (BUSSIÉRES, THOUEZ et BERNARD, 2001). La collecte de données a été effectuée entre les mois de janvier et décembre 1998 afin de pouvoir analyser l'évolution saisonnière. La taille de l'échantillon était de 14 117 logements (30 386 personnes, dont 24 129 adultes et 6 257 enfants) et les entrevues ont eu lieu au même moment que la visite de l'interviewer de l'*Enquête sociale et de la santé* 1998 (ESS98). Le taux de réponse a été de 75,6%.

Évidemment, la moyenne d'âge des personnes ayant une incapacité est plus élevée que celle de la population sans incapacités. L'enquête révèle que dans la cohorte des 15 à 64 ans, la proportion de femmes et d'hommes ayant une incapacité est similaire (58%) et que dans la cohorte des 65 ans et plus, les

femmes sont majoritaires (35% pour les femmes contre 27% pour les hommes). La figure 2.1 montre la proportion de personnes ayant une incapacité selon l'âge pour la province du Québec.

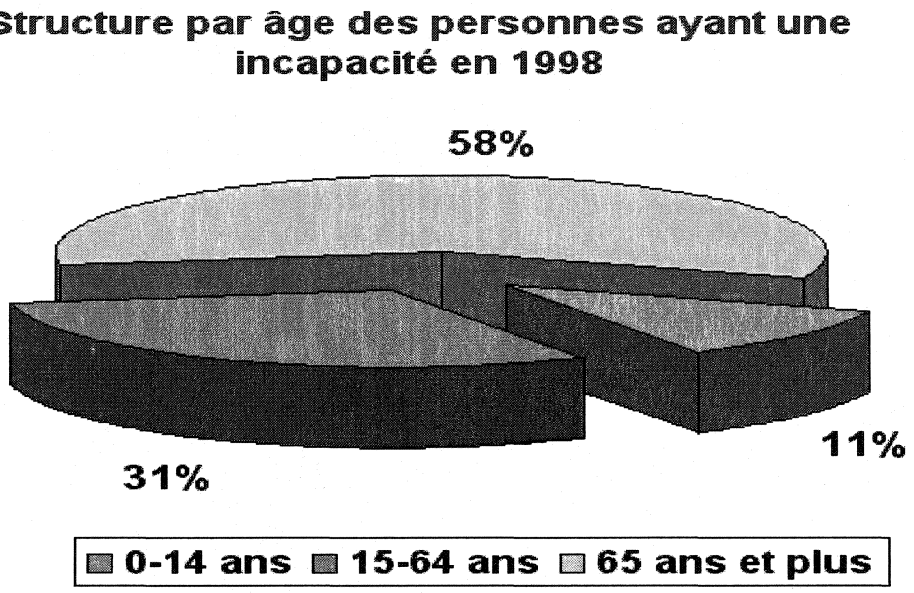


Figure 2.1 Structure par âge des personnes ayant une incapacité en 1998

Les limitations et difficultés concernant le déplacement des adultes (15 ans et plus) pour réaliser des trajets courts sont illustrées dans la figure 2.2. Les personnes qui déclarent n'avoir aucune difficulté à quitter leur demeure sont environ 87%, et 13% disent avoir de la difficulté à se déplacer.

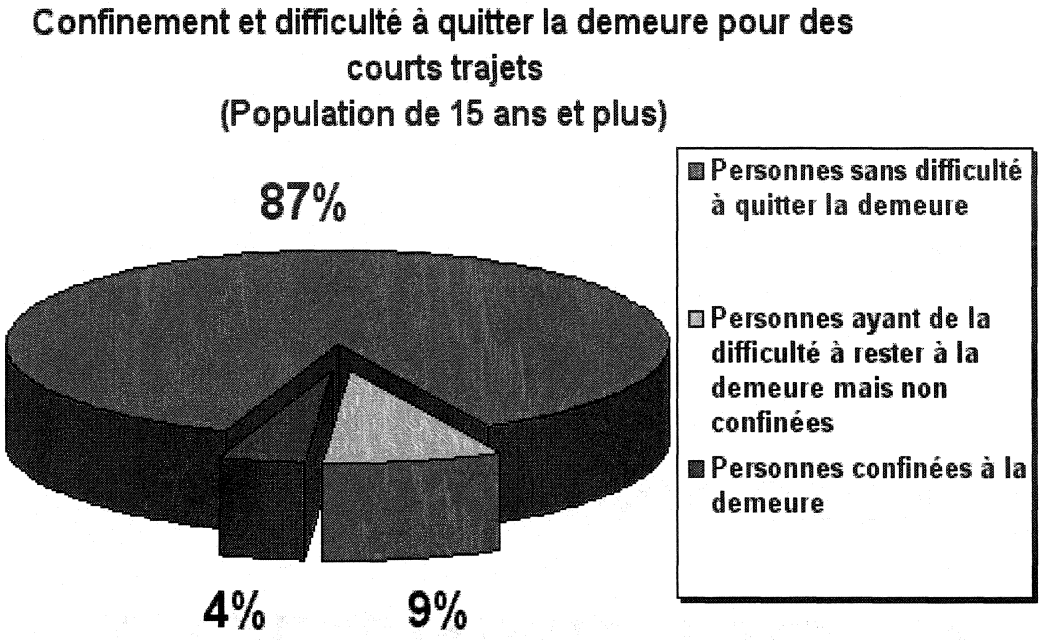


Figure 2.2 Confinement et difficulté à quitter la demeure pour des courts trajets

La difficulté à quitter la demeure est associée au niveau de revenu, à la gravité de l'incapacité et aussi à la nature de l'incapacité, voir les tableaux 2.1, 2.2 et 2.3 respectivement.

Tableau 2.1 Difficulté à quitter la demeure pour de courts trajets[1] selon l'âge, le sexe et le niveau de revenu du ménage, population de 15 ans et plus avec incapacité non confinée à la demeure, Québec, 1998

	%
Hommes	
15-64 ans	6,2*
65 ans et plus	8,2*
Total	**6,8**
Femmes	
15-64 ans	8,5
65 ans et plus	15,7
Total	**11,2**
Sexes réunis	
15-64 ans	7,4
65 ans et plus	12,7
Niveau de revenu	
Très pauvre ou pauvre	12,5
Moyen inférieur	9,4
Moyen supérieur ou supérieur	6,4*
Total	**9,2**
Pe '000	**85,6**

1. Trajets de moins de 80 kilomètres.
* Coefficient de variation entre 15 % et 25 %; interpréter avec prudence.

Source : Institut de la statistique du Québec, *Enquête québécoise sur les limitations d'activités 1998.*

Tableau 2.2 Difficulté à quitter la demeure pour de courts trajets[1] selon la gravité de l'incapacité et l'indice de désavantage lié à l'incapacité, population de 15 ans et plus avec incapacité non confinée à la demeure, Québec, 1998

	%
Gravité de l'incapacité	
Légère	2,7*
Modérée	12,5
Grave	39,0
Indice de désavantage	
Dépendance modérée ou forte	33,5
Dépendance légère	7,7*
Limitations des activités sans dépendance	3,7*
Sans désavantage	–
Total	**9,2**
Pe '000	**85,6**

1. Trajets de moins de 80 kilomètres.
* Coefficient de variation entre 15 % et 25 %; interpréter avec prudence.

Source : Institut de la statistique du Québec, *Enquête québécoise sur les limitations d'activités 1998.*

Tableau 2.3 Difficulté à quitter la demeure pour de courts trajets[1] selon la nature de l'incapacité[2], population de 15 ans et plus avec incapacité non confinée à la demeure, Québec, 1998

	%	
Audition		
Oui	8,0	
Non	9,7	
Vision		
Oui	16,3	*
Non	8,5	
Parole		
Oui	26,7	*
Non	8,3	
Mobilité		
Oui	16,2	
Non	2,1	*
Agilité		
Oui	14,7	
Non	4,6	
Intellect/santé mentale		
Oui	15,4	
Non	7,3	
Autre		
Oui	1,9	*
Non	10,1	
Total	**9,2**	

1. Trajets de moins de 80 kilomètres.
2. Une personne peut présenter plus d'un type d'incapacité.
* Coefficient de variation entre 15 % et 25 %; interpréter avec prudence.

Source : Institut de la statistique du Québec, *Enquête québécoise sur les limitations d'activités 1998.*

9,2% de la population de 15 ans et plus éprouvent de la difficulté à quitter la demeure pour de courts trajets. Si l'on prend les renseignements du recensement de 1996, ce chiffre correspond à 130,000 personnes approximativement pour la région de Montréal.

Depuis 1980, 104 services de transport adapté ont été créés, lesquels desservent 845 municipalités des quelque 1147 que compte le Québec, mais réunissent 92,2% de la population québécoise. Neuf de ces services sont exploités par les organismes publics de transport en commun, tandis que les 97 autres sont des services municipaux ou inter municipaux.

En 2001, les 59 609 personnes handicapées admises aux divers services ont généré 4,53 millions de déplacements. Cette affluence correspond à une

augmentation de 2,3 % des déplacements par rapport à l'année 2000, alors que le nombre moyen de déplacements par personne admise connaît une baisse de 3 %, passant de 75,50 à 73,26. Après avoir subi une légère diminution en 2000, la proportion des déplacements effectués par des personnes en fauteuil roulant est revenue à un niveau quelque peu supérieur à celui d'il y a 2 ans, s'établissant à 20,9 % en 2001.

En 2001, les dépenses admissibles au Programme d'aide au transport adapté pour les personnes handicapées s'élevaient à 62,82 M$, ce qui représente une dépense moyenne par passager transporté de 14,19 $, soit une augmentation de 0,62 $ par rapport à 2000.

La contribution du Ministère des Transports, pour l'année 2001 a été de 46,38M$, soit 73,8% des dépenses admissibles. Les contributions des municipalités ont, quant à elles, atteint 11,39 M$, et celles des usagers 6,49M$, ce qui correspond respectivement à 18,1% et à 10,3% des dépenses admissibles.

La croissance de la demande de transport adapté au Québec dans la période comprise entre 1992 et 2000 a été de 56%. Le nombre de passagers transportés par année est passé de 2.8 millions à 4.4 millions en neuf ans. Le tableau suivant montre l'évolution de la demande et de l'offre du service de transport adapté au Québec. Cette information a été recueillie dans le répertoire statistique du Ministère des Transports du Québec.

Tableau 2.4 Croissance des services 1993-2001 – Québec (source : Répertoire statistique 2001- Transport adapté)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Services	93	96	97	99	100	102	104	*104	*106
Municipalités	786	808	801	837	864	881	911	**893	** 845
Personnes admises	39 731	42 003	43 504	43 605	47 959	50 033	52 963	55 836	59 609
Passagers	3 109 692	3 424 330	3 598 417	3 777 883	3 954 725	4 085 760	4 314 469	4 427 573	4 534 853
Véhicules	267	301	310	314	317	327	347	364	381
Subvention gouvernementale (M$)	32,10	34,45	35,39	35,79	36,57	37,96	41,40	44,21	46,38

* Il y a eu implantation d'un nouveau service et fusion de 2 autres existants en 2000, alors que 2 services se sont ajoutés en 2001.

** Abstraction faite du processus de fusions et d'annexions de municipalités enclenché en 1999, il y a ajout de 4 municipalités desservies en 2001.

2.2.2 À Montréal

À Montréal, comme partout dans le monde, la demande du service de transport adapté croît de façon exponentielle. Avec cette croissance accélérée de la demande, la nécessité de rendre un service de haute qualité aux usagers et avec un ratio coût/bénéfice acceptable pour les opérateurs est impérative.

Selon les statistiques publiées par le Ministère des Transports du Québec, en 2001, il y a au total 13 460 personnes inscrites au service de transport adapté à la Société de transport de Montréal (STM). 73% sont handicapées organiques, 15% sont handicapées intellectuelles et le 12% restant est réparti entre les psychiques, visuels et la catégorie « autres ». Le nombre de personnes inscrites représente 75% de la population handicapée qui habite dans les 28 municipalités desservies par la STM. Le service est offert pendant toute l'année, 132 heures par semaine. La table suivante montre les indicateurs de performance publiés par la STM.

Tableau 2.5 Indicateurs de performance (source : Transport adapté aux personnes handicapées 2001 – MTQ)

Passagers par année

	Minibus	Taxi	Total
Ambulatoires	207 190	684 262	891 452
Fauteuil roulant	224 417	91 126	315 543
Accompagnateurs	33 989	38 241	72 230
Total	**465 596**	**813 629**	**1 279 225**

Déplacements par année

déplacements réguliers	943 358
déplacements occasionnels	335 867
Total	**1 279 225**

Indicateurs de performance

Kilomètres parcourues	2 936 096
Véhicule - heure	188 262
Nombre de voyages par taxi	284 003
Coût par passager selon le mode	
Minibus	29.22 $
Taxi	15.70 $
Global	20.62 $
Passagers par véhicule-heure	2.47
Passager par voyage de taxi	2.86
Kilomètres par passagers minibus	6.31
Kilomètres par véhicule-heure	15.60
Déplacements par personne admise	89.67

La STM réalise 1 279 225 déplacements par année dont 74% correspondent à des déplacements réguliers, et le reste à des déplacements occasionnels. 64% des passagers transportés pendant l'année 2001 ont été transportés en taxi. Le coût par passager en taxi est presque la moitié du coût par passager en minibus. Cela explique la suprématie de l'utilisation de ce mode de transport dans la grande région de Montréal (GRM). Les graphiques suivants montrent l'évolution de la clientèle, l'évolution du nombre de déplacements par personne et l'évolution des passagers transportés selon le mode emprunté publié par le Ministère des Transports du Québec.

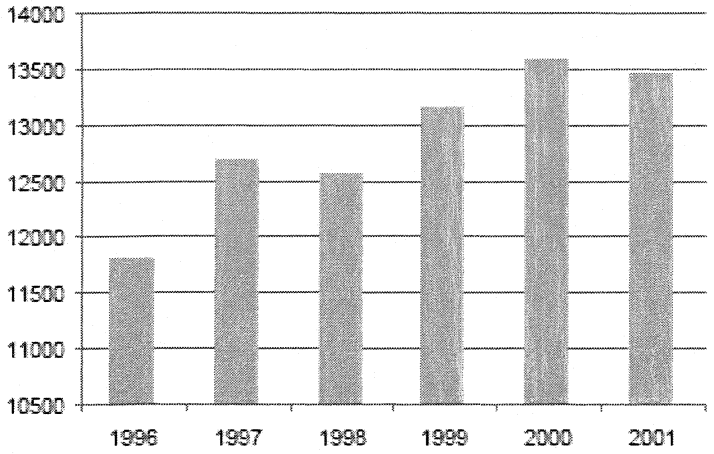


Figure 2.3 Évolution de la clientèle admise par la STM (1996-2001)
(source : http://www.mtq.gouv.qc.ca)

L'évolution de la clientèle admise au programme de transport adapté à Montréal a eu une augmentation de 15% approximativement entre les années 1996 et 2000. Le nombre de déplacements par personne a eu une baisse de 4,6% entre 1996 et 2001.

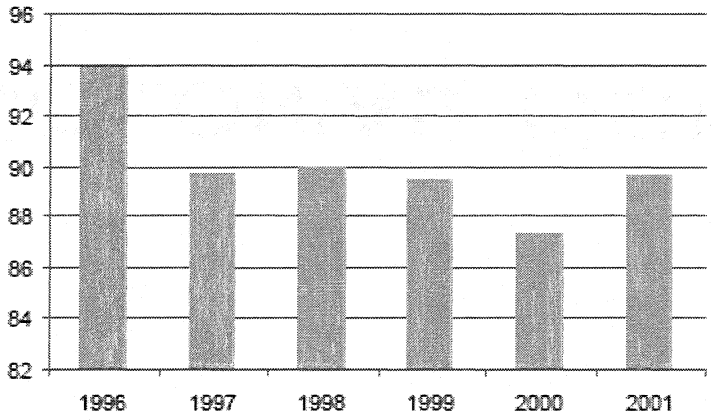


Figure 2.4 Évolution du nombre de déplacements par personne admise (1996-2001)
(Source : http://www.mtq.gouv.qc.ca)

Et comme la figure suivante le montre, le taxi prend un place chaque jour plus importante dans les services de TA.

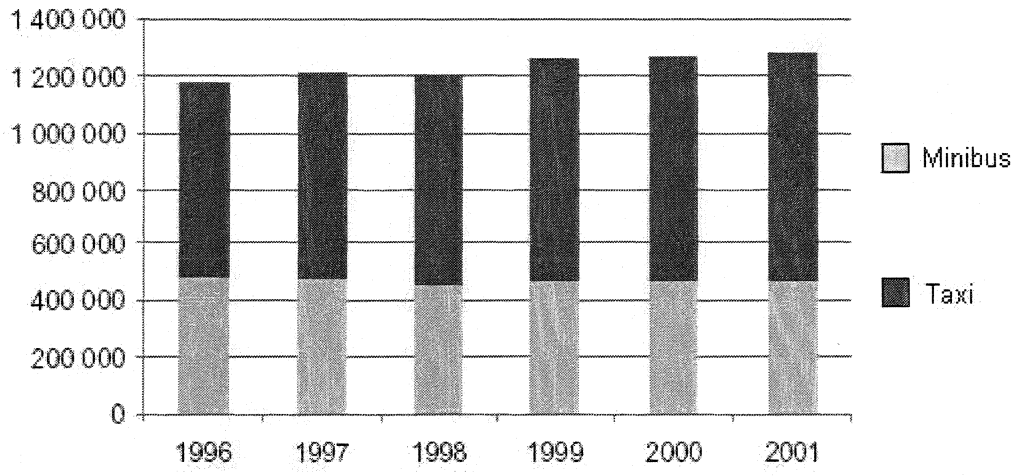


Figure 2.5 Évolution du nombre de passagers transportés selon le mode (1996-2001)
(source : http://www.mtq.gouv.qc.ca)

Les coûts d'opération à Montréal pour les modes de transport minibus et taxi ont suivi une augmentation moyenne de 16% entre l'année 1996 et l'année 2000 (voir figure 2.6).

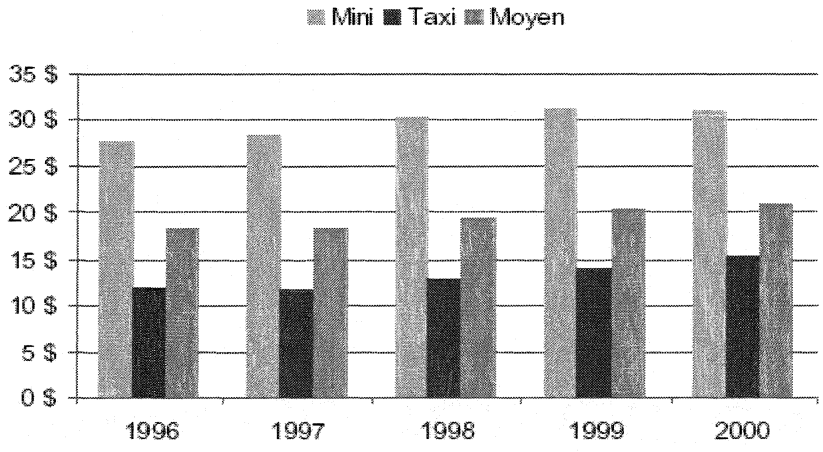


Figure 2.6. Évolution du coût des passagers selon le mode de transport
(source :Répertoire statistique 2000- Transport adapté)

Comme indiqué dans les tableaux, toute l'information présentée ici est seulement une reproduction des chiffres émis par le gouvernement du Québec et il faut les interpréter avec prudence.

2.3 Cadre juridique et financier

La « Loi assurant l'exercice des droits des personnes handicapées » établit que tout organisme de transport doit faire approuver par le Ministère des Transports un plan de développement visant à assurer le transport des personnes handicapées dans le territoire qu'il dessert. Les municipalités du Québec qui sont situées à l'extérieur des zones desservies par les organismes publiques de transport en commun ont aussi le droit d'implanter ce service sur leur territoire et de bénéficier du programme d'aide du ministère.

Le Ministère des Transports du Québec a établi un politique d'admissibilité qui définit le statut de handicapé comme «toute personne limitée dans l'accomplissement d'activités normales et qui, de façon significative et persistante, est atteinte d'une déficience physique ou mentale, ou qui utilise régulièrement une orthèse, une prothèse ou tout autre moyen pour pallier son handicap.». Un comité formé des représentants des organismes publics de transport ou des municipalités, de représentants des personnes handicapées et des représentants du réseau de la santé et des services sociaux est chargé d'approuver l'admissibilité du demandant.

Le Programme d'aide au transport adapté pour les personnes handicapées (mis sur pied en 1979) cherchait à fournir une aide financière aux organismes publics de transport en commun et aux municipalités du Québec (près de 950 municipalités ont fait prévaloir leur droit) qui veulent implanter un service de transport adapté dans leur communauté.

Pour assurer l'implantation, la consolidation et le développement de ces services, le Ministère des Transports avait prévu une subvention maximale annuelle de 75% de l'ensemble de coûts admissibles pour fournir un service régulier de transport adapté. Les 25% restants étaient assumés par les municipalités participantes et par les usagers du transport adapté. Le tarif qui est demandé aux usagers est équivalent à celui demandé à un adulte qui utilise le réseau de transport en commun régulier.

Depuis janvier 2002, un nouveau cadre financier triennal est en vigueur. Ce programme vise à diminuer la lourdeur administrative, à assurer une planification budgétaire et à motiver l'optimisation du service. En même temps, le nouveau programme mène une implication plus juste du milieu municipal en termes d'organisation et de financement.

Pour arriver à la réalisation des objectifs du gouvernement par rapport au transport adapté, le programme prévoit l'utilisation de quatre instruments :

- l'utilisation d'un budget de référence qui reflète le niveau de service que le milieu municipal a prévu de mettre en place. Ce budget est établi en fonction des dépenses réelles engagées pour l'année 2000, plus les sommes des ajustements accordés pendant l'année 2001.
- un ajustement pour l'inflation, équivalent à 60% de la variation de l'indice des prix à la consommation (IPC), plus 40% de la variation de l'indice de prix de transport (IPT) au 30 septembre de chaque année.
- une aide au développement du niveau de service. Le Ministère des Transports prêtera un soutien financier aux organismes qui souffriront d'une hausse des coûts liée à l'utilisation des services, qui décident d'implanter une politique d'intégration avec d'autres organismes de transport, ou qui devaient implanter des services additionnels pour réduire les listes d'attentes.

- Un budget souple pour les municipalités de moins de 10 000 habitants qui comptent un nombre restreint de personnes handicapées dans leur territoire.

Le financement maximal du Ministère des Transports du Québec est le même qu'avant 2002, c'est–à-dire avec un maximum de 75% des dépenses admissibles. Les tarifs à acquitter par l'usager sont les tarifs en vigueur pour les tickets, cartes mensuelles (CAM) et cartes hebdomadaires (CAM hebdo). Le tarif réduit est appliqué aux écoliers et aux personnes âgées qui présentent la carte d'identité délivrée à cet effet par l'organisme public de transport en commun. Les enfants de moins de 6 ans et les accompagnateurs ne paient pas.

2.4 Cadre organisationnel

Au Québec, le Ministère des Transports est chargé d'assurer la mobilité des personnes et marchandises de manière efficace et sécuritaire pour favoriser le développement économique et social du Québec. Pour réaliser ces objectifs, le Ministère des Transports a donné la responsabilité de gérer les différents programmes à quatre organismes et sociétés d'état.

La Commission des transports du Québec est chargée du registre de propriétaires des véhicules lourds et du registre des intermédiaires en services de transport. La Société de l'assurance automobile du Québec s'occupe de l'émission des permis de conduire, de l'immatriculation des véhicules et des programmes de vérification mécanique. La Société des traversiers du Québec dirige le transport maritime de huit traverses dans le territoire du Québec. L'Agence métropolitaine de transport a, comme volet le soutien, le développement, la coordination et la promotion du transport collectif dans la région de Montréal. Ainsi l'exploitation des services de trains de banlieue,

l'intégration des services entre différents modes de transport et l'augmentation de l'efficacité des corridors routiers sont des compétences du ressort de l'AMT.

La figure 2.7 montre l'organigramme administratif du Ministère des Transports du Québec.

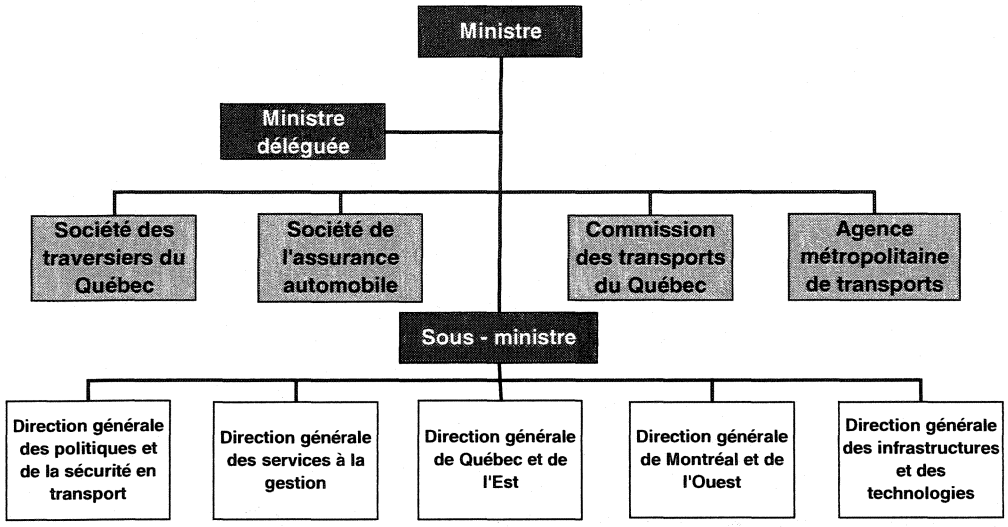


Figure 2.7 Organigramme administratif du Ministère des Transports du Québec
(source : www.mtq.gouv.qc.ca)

À Montréal, l'AMT est dirigée par un conseil d'administration composé de sept membres. Quatre de ses membres sont nommés par le gouvernement du Québec, et les trois autres sont nommés par le conseil de la communauté métropolitaine de Montréal.

L'Agence métropolitaine de transport (AMT) a été créée le 15 décembre 1995 avec la mission d'améliorer l'efficacité des déplacements des personnes en augmentant l'achalandage du transport en commun dans la grande région de Montréal. L'AMT est chargée de gérer et financer le réseau métropolitain de trains de banlieue, de l'entretien et de l'opération des équipements comme les

parcs de stationnement incitatif, les voies réservées et les terminus d'autobus. L'AMT coordonne les services de transport adapté, produit les titres de transport métropolitain et donne un soutien financier aux organismes publics de transport.

Parmi les organismes qui fournissent le service de transport adapté, on distingue les Organismes de transport adapté (OTA), les Conseils inter-municipaux de transport (CIT) et les Sociétés de transport en commun (STC). Le territoire de l'AMT est desservi par 15 organismes de transport adapté qui font plus de 2 millions de déplacements par année.

En raison de la problématique suscitée pour le manque d'intégration des services de transport adapté dans la grande région de Montréal, l'AMT a formé un comité chargé de résoudre le problème d'intégration entre les différents organismes de transport adapté. Depuis 1998, l'AMT a mis en place un projet pilote qui est devenu permanent en juillet 2000. Cette initiative a permis aux usagers de transport adapté de se déplacer hors du périmètre desservi par la STM, la STL ou la RTL.

L'AMT travaille présentement à la mise en place du projet élargi aux OTA des couronnes nord et sud en collaboration avec les organismes de transport adapté, les sociétés de transport (STM, RTL et STL) et le Ministère des Transports du Québec (MTQ).

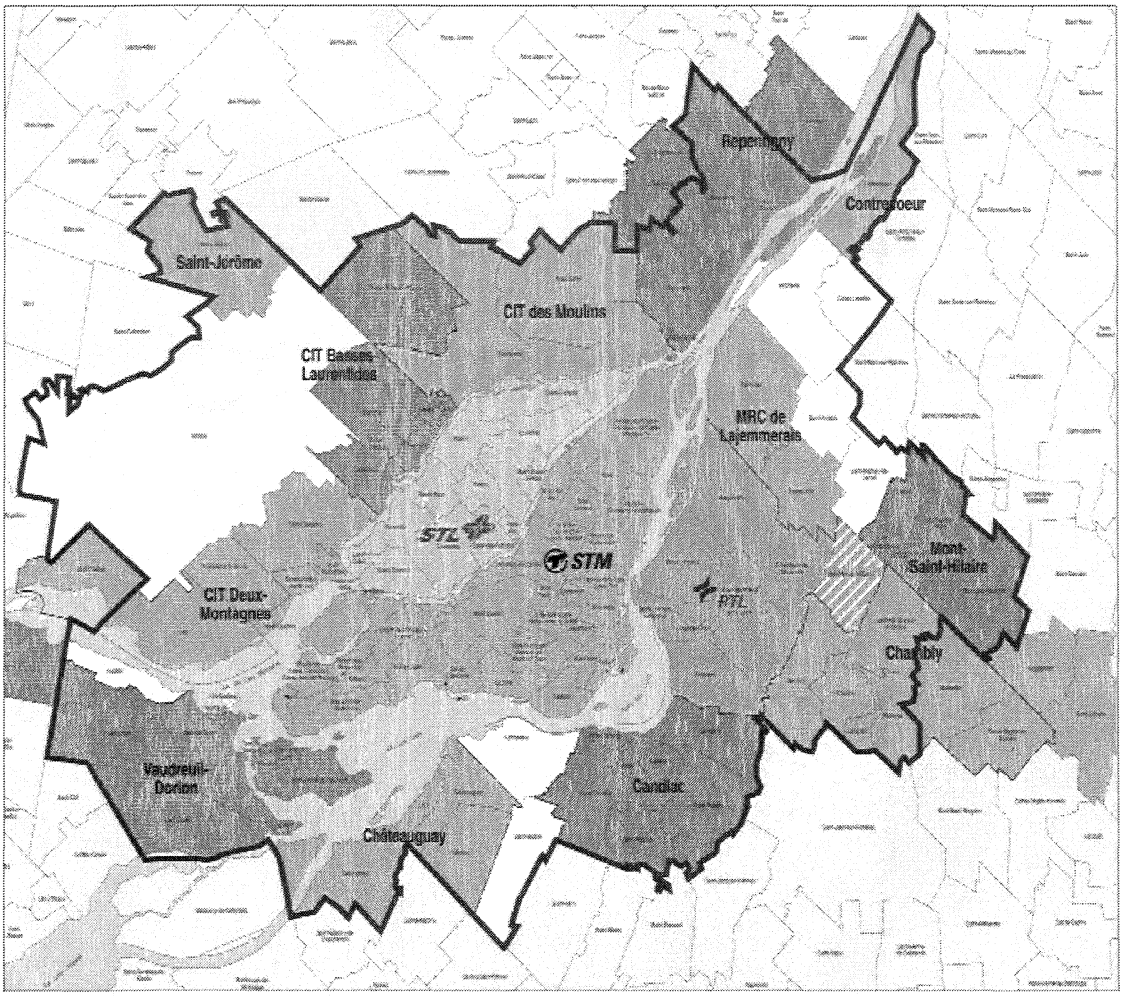


Figure 2.8 Organismes de transport adapté dans le territoire de l'AMT
(Source : http://www.amt.qc.ca)

Un autre organisme impliqué dans la prise de décisions par rapport à l'admissibilité d'une personne handicapée dans un service de transport adapté est l'Office des personnes handicapées du Québec (OPHQ). L'OPHQ participe au comité d'évaluation de l'admissibilité des demandes d'inscription aux services de transport adapté dans chacune des OTA. L'OPHQ offre aussi un service de conseil et de soutien aux personnes handicapées pour l'élaboration du plan de service qui inclut évidement les besoins de transport.

Existent aussi dans ce casse-tête organisationnel les groupes de pression qui s'appliquent à défendre les droits des usagers et à réaliser toutes les actions nécessaires pour améliorer l'offre et la qualité du service de transport adapté. On retrouve entre autres les RUTA (Regroupement des usagers de transport adapté), le CAPVISH (Comité d'action de personnes vivant une situation de handicap) et le ROP 03 (Regroupement des organismes de promotion).

2.5 Cadre opérationnel

Le service offert varie d'un organisme à l'autre. Si certains organismes de transport adapté offrent des points de service hors de leur territoire, d'autres ne le font pas. Dans le cas de l'île de Montréal, pour les usagers de la STM qui veulent se déplacer vers Laval ou la Rive-Sud proche, les minibus font le service jusqu'au Terminus Henri-Bourassa ou au Centre de réadaptation Lucie Bruneau. La STM demande 5 jours de préavis avant de réaliser le déplacement afin de communiquer les renseignements personnels aux organismes de transport adapté impliqués. Par la suite les délais habituels de réservation s'appliquent.

Habituellement le délai de réservation pour un déplacement régulier (déplacement à heures et lieux fixes pendant un minimum de quatre semaines) peut être fait dès le moment où le besoin est connu. Les déplacements occasionnels doivent être faits à compter de trois jours avant le déplacement, jusqu'au jour prévu pour le déplacement. Il existe aussi des services de demande de déplacement par anticipation et de demande de déplacement en groupe qui doivent se faire avec sept et dix jours d'avance.

Certains usagers ont le droit à un accompagnement facultatif ou obligatoire. L'usager doit, dans le cas où il a droit à un accompagnement facultatif, mentionner la présence de l'accompagnant au moment de la demande de

déplacement et payer pour son déplacement. Les usagers avec un accompagnement obligatoire ne paient pas son déplacement.

Le nombre d'heures de service par semaine diffère également dans chacune des OTA, la moyenne se situant à 85. Le coût d'un abonnement mensuel dans les organismes qui offrent ce mode de paiement varie entre 32,50$ et 179$ (information en octobre 2003).

Il y a 381 véhicules en service type minibus dans les OTA. Les véhicules sont modifiables pour transporter des personnes en fauteuil roulant ou des personnes capables de marcher (ambulatoires). Le nombre de kilomètres parcourus au total, en 2001, est de 15,9 millions, à raison de 41 642 kilomètres en moyenne par véhicule. 82 organismes de transport adapté utilisent des taxis pour supporter la demande de transport des personnes handicapées. Ils effectuent 44% des déplacements réalisés en 2001.

CHAPITRE 3. MODÉLISATION SYSTÉMIQUE ET INFORMATIONNELLE DU TRANSPORT ADAPTÉ

L'approche systémique est une pratique qui s'applique à la complexité d'un problème. Quatre concepts de base forment cette approche : la complexité, le système, la globalité et l'interaction.

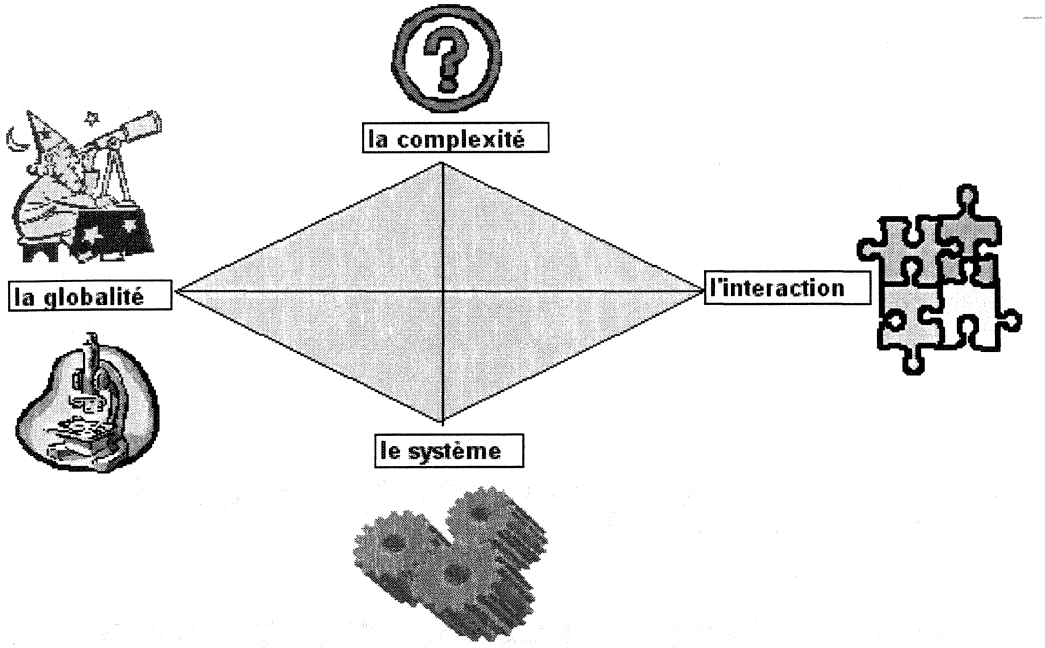


Figure 3.1 L'approche systémique

La complexité est la cause de l'approche systémique. Sans elle, le rationalisme serait suffisant pour comprendre les enjeux d'un système. Le système est la fondation sur laquelle repose la systémique : «Un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisé en fonction d'un but» (de Rosnay J. 1985). La globalité est la démarche initiale à faire dans l'approche systémique. Elle consiste à aborder tous les aspects d'un problème, progressivement et non séquentiellement, c'est à dire de façon globale (générale) avec un

approfondissement progressif dans les détails (approche totalement désagrégée). L'interaction est complémentaire à la globalité parce qu'elle concerne l'étude de chaque liaison entre les constituants du système.

3.1 La modélisation orientée - objet

La modélisation orientée - objet décrit la structure systémique du système de transport adapté en utilisant des éléments nommés "objets" pour définir la problématique du système, le mettre en forme et finalement proposer une méthode de résolution, basée sur des outils informatiques disponibles. Pour aboutir à cet objectif, le modèle orienté - objet doit définir clairement l'ontologie du système en étudiant chaque composant du système et les relations entre les objets. Une ontologie comprend tout ce à quoi il faut penser dans un domaine ou tous les objets de pensée d'un domaine. Par ailleurs, la façon d'y penser ou d'en parler indique le type ontologique de l'objet (Bachimont et al. 1996). Ce chapitre présente les concepts de la modélisation orientée - objet afin de pouvoir bien définir la structure du système de transport adapté.

L'approche orientée - objet consiste à modéliser informatiquement un groupe d'éléments qui font partie du monde réel (appelé *domaine*) en un groupe d'entités informatiques appelées *objets.* Un objet peut être de n'importe quelle nature, comme par exemple l'objet *véhicule – taxi.* Son existence physique, ses propriétés, ses comportements et les actions qu'on peut exécuter sur lui, sont les caractéristiques qui le déterminent. La classe est la définition abstraite d'un objet. Ainsi, la classe *Véhicule*, est un modèle à partir duquel il est possible de créer plusieurs véhicules pour le transport de personnes handicapées. L'approche orientée - objet comprend la possibilité de créer une hiérarchie des classes d'objets. Dans ce sens, un objet hérite des attributs et des méthodes des classes

d'objets se situant au-dessus de lui dans la hiérarchie (Nielsen, 2001). [Traduction libre]

La classe est la structure d'un objet, c'est-à-dire la définition des entités qui composeront un objet. Une classe est composée de deux parties : les *propriétés* (attributs) qui reflètent l'état de l'objet et les *méthodes* qui définissent les opérations applicables aux objets.

Les différents types de véhicules qui appartiennent à la classe *Véhicule* possèdent les propriétés et les méthodes définies dans cette classe. Les propriétés sont les différentes variables qui définissent une classe d'objet et, par héritage, elles définissent les objets qui appartiennent à cette classe. Les méthodes représentent les actions qu'un objet peut exécuter ou qu'on peut exécuter sur l'objet. L'objet *véhicule - taxi* peut ainsi exécuter les actions de réalisation d'une tournée, déplacer un client, retourner au garage, etc.

Un objet peut par ailleurs reconnaître différents types d'événements. Un événement est défini comme une situation reconnue par l'objet et déclenche une méthode. Par exemple, l'événement «assignation d'une tournée» peut déclencher la méthode «arrangement de la voiture selon les handicapés à transporter». Les méthodes d'un objet sont la caractérisation de son comportement, la totalité des actions que l'objet peut réaliser par lui-même. Ces actions permettent de faire réagir l'objet aux demandes externes ou d'agir sur les autres objets. Comme par exemple, l'événement « assignation » peut déclencher la méthode de création d'une tournée.

Les différentes classes d'objets, leurs propriétés et leurs méthodes pour un système de transport adapté sont présentées dans le modèle - objet de la figure 3.2 issue du site Internet du Groupe MADITUC.

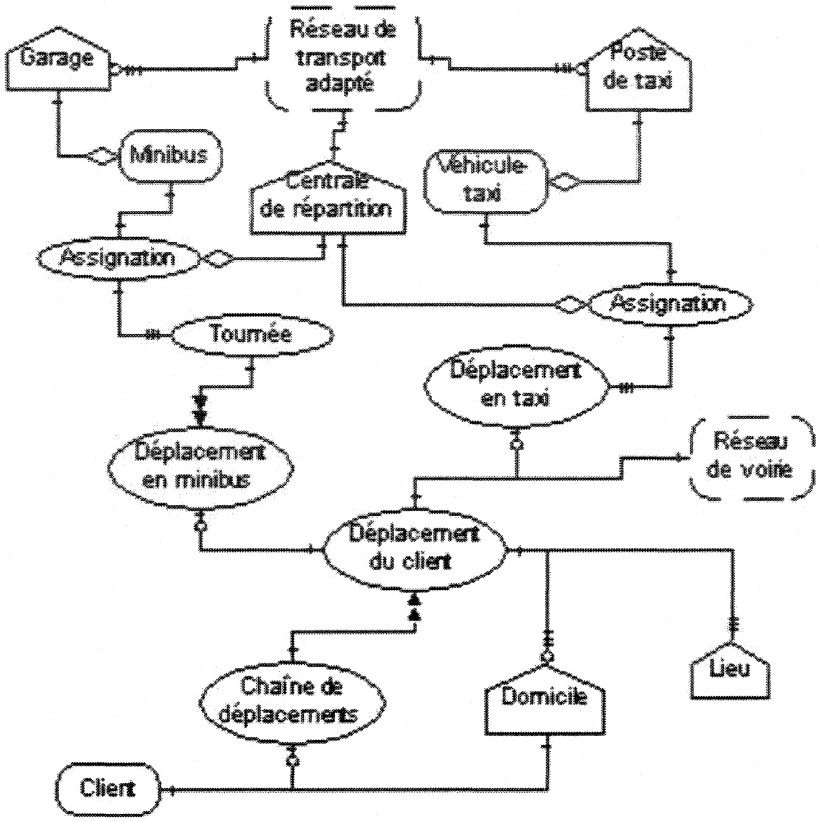


Figure 3.2 Modèle - objet du transport adapté

La notation employée dans ce schéma présente les relations entre les objets. La notation unifiée (“unified”) est une nomenclature fondée sur la définition explicite des classes, par des boîtes où sont inscrites les propriétés et les méthodes, et des relations, par des droites avec des chiffres qui indiquent le nombre d’instances impliquées (Trépanier, 1999). La figure 3.3 présente un aperçu de la notation utilisée pour les modèles - objets.

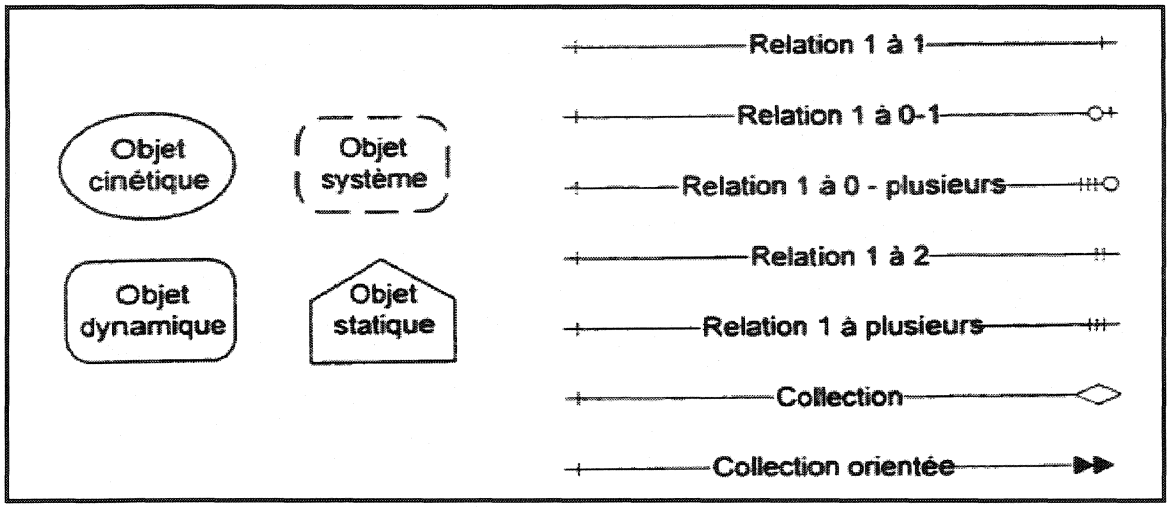


Figure 3.3 Notation utilisée pour les modèles - objets

3.2 Les classes d'objets en transport adapté

Dans un système de transport adapté, la création de classes d'objets est une activité qui permet de mieux saisir la tâche de modélisation du phénomène. La classe décrit le domaine de définition d'un ensemble d'objets, chaque objet appartenant à une classe. Les généralités sont contenues dans la classe et les particularités sont contenues dans les objets (Muller, Pierre-Alain, 1997). Les classes d'objets *Lieu, Client, Tournée, Arrêt, Véhicule* et *Déplacement* contiennent des objets qui sont concrètement décrits par ces propriétés. Chaque objet a une identité qui permet de le distinguer des autres objets, cette identité étant généralement construite avec des identifiants provenant des propriétés (code du client, coordonnées X, Y). Les méthodes qui agissent sur les objets d'une classe particulière sont groupées dans l'une des catégories suivantes :

- Méthodes de propriété : la fixation d'une propriété comme le nom ou le type constitue une méthode;
- Méthodes intrinsèques : ces méthodes sont liées à la définition de l'objet comme le comptage, l'ajout ou l'interrogation sur la dénomination d'un item particulier;
- Méthodes géométriques : elles servent à calculer les propriétés géométriques d'un objet;

- Méthodes de visualisation : elles sont utilisées pour la visualisation graphique (cartes, plan) ou descriptive (tableau, champs de données);
- Méthodes génératrices : elles sont utilisées pour la création d'objets ou la dérivation des propriétés additionnelles pour les objets existants;
- Méthodes statistiques : elles servent à la détermination des indicateurs en utilisant des fonctions statistiques;
- Méthodes spatiales : elles impliquent l'agrégation ou la désagrégation des spatiales d'objets via leurs coordonnées;
- Méthodes associatives : elles lient les objets en créant des relations de dépendance entre eux;
- Méthodes complexes : elles sont une combinaison de deux ou plusieurs méthodes.

Dans les sections suivantes, chaque classe d'objet ainsi que les propriétés et les méthodes qui lui sont associées seront décrites.

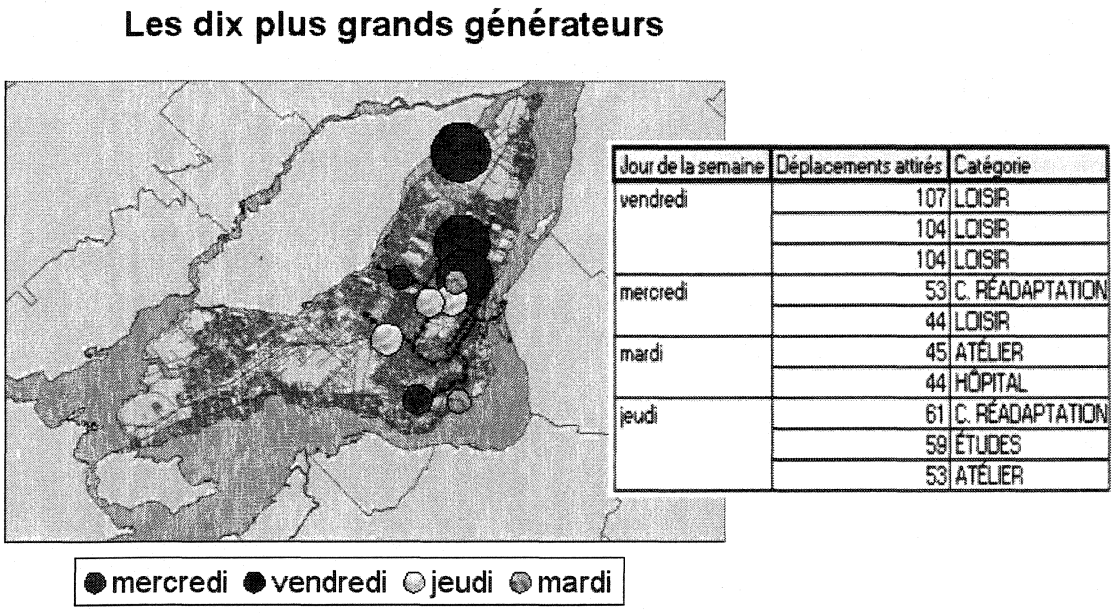
3.2.1 La classe d'objet *Lieu*

La classe d'objet *Lieu* inclut des objets statiques de type point tel que les domiciles, les générateurs, les origines et les destinations d'un déplacement, les lieux où l'on trouve les ressources comme le garage des minibus et le poste de taxi. Cette classe inclut aussi les objets statiques de type lien, tels que les frontières des zones et les types de surface comme les municipalités et les quartiers.

La principale propriété qui définit un objet lieu est la propriété d'identification. La plupart des langages de programmation et les gestionnaires de base de données se servent de cette propriété pour établir une clé primaire qui permet de donner une identification unique à l'objet. La clé primaire d'un lieu est définie par la paire de coordonnées X, Y (projection UTM ou MTM). Cette caractéristique spatiale,

fait des objets lieu les objets les plus faciles à représenter dans un système d'information géographique.

Les autres propriétés (attributs) qui identifient chaque lieu sont les propriétés géométriques comme l'aire, le périmètre, et les propriétés spatiales comme les coordonnées ou le code postal. Une classification peut être une méthode et en même temps un propriété (exemples : la classification des différents types de générateurs par l'analyse des déplacements associés à un endroit particulier ou la classification d'un tronçon de rue en fonction de la vitesse attribuée à différentes périodes de temps). Les propriétés et les méthodes associées aux objets qui font partie de la classe *Lieu* sont décrites dans le tableau 3.1.



Jour de la semaine	Déplacements attirés	Catégorie
vendredi	107	LOISIR
	104	LOISIR
	104	LOISIR
mercredi	53	C. RÉADAPTATION
	44	LOISIR
mardi	45	ATÉLIER
	44	HÔPITAL
jeudi	61	C. RÉADAPTATION
	59	ÉTUDES
	53	ATÉLIER

Figure 3.4 Spatialisation des 10 principaux générateurs

Comme exposé dans la figure 3.4, les générateurs de déplacement sont représentés en fonction du nombre de clients attirés par chaque destination. Un triage décroissant du nombre de clients attirés donne la liste des générateurs les

plus importants. Avec la base de données fournies par la STM pour l'année 1996 et avec l'aide de MADGEN (outil de consultation des données de transport réalisé par le groupe MADITUC de l'École polytechnique de Montréal), la dérivation d'une description plus précise s'avère un outil très efficace pour sortir l'information sur le comportement des clients et les motifs de leurs déplacements. Les figures 3.5 et 3.6 illustrent le type d'information disponible sur l'Internet et le résultat de la classification des déplacements selon leur motif.

Tableau 3.1 Propriétés et méthodes associées à la classe Lieu

Objet	Propriétés	Méthodes
Domicile **Lieu (maison, arrêt, etc.)**	Adresse civique Code postal Coordonnées X,Y (MTM) Nombre de clients Type de véhicule	Spatialiser (zone, zone de taxi) Tournée associée Nombre de déplacements
Générateur	Adresse civique Code postal Coordonnées X,Y (MTM) Nombre de clients	Spatialiser (zone, zone de taxi) Tournées associées
Garage	Adresse civique Code postal Coordonnées X,Y (MTM) Nombre de véhicules	Spatialiser (zone, zone de taxi) Tournées associées Types de véhicules Nombre de tournées
Poste de taxi	Adresse civique Code postal Coordonnées X,Y (MTM) Nombre de véhicules	Spatialiser (zone, zone de taxi) Tournées associées Types de véhicules Nombre de tournées

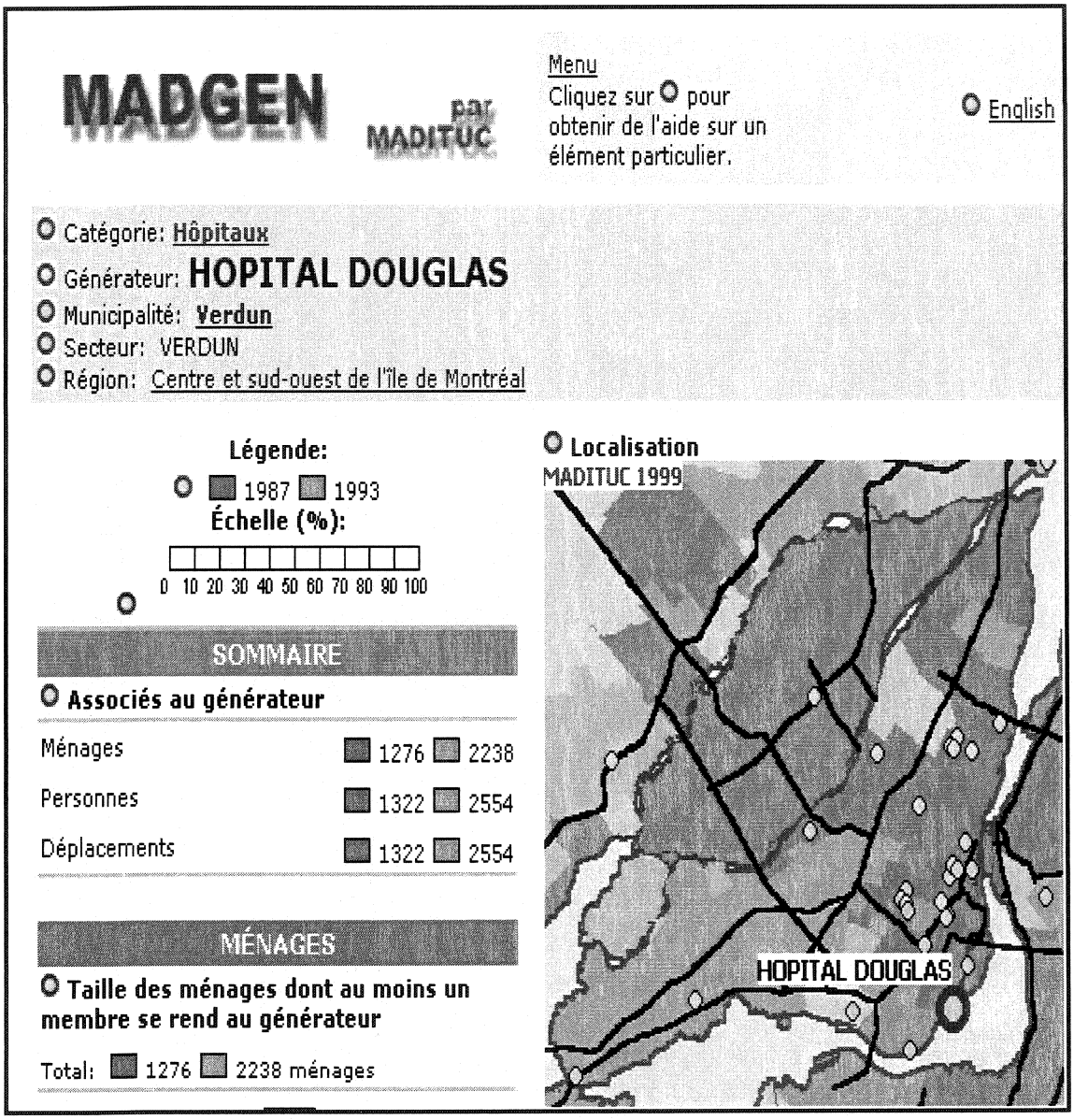


Figure 3.5 Information des générateurs disponibles dans le site Internet du groupe MADITUC

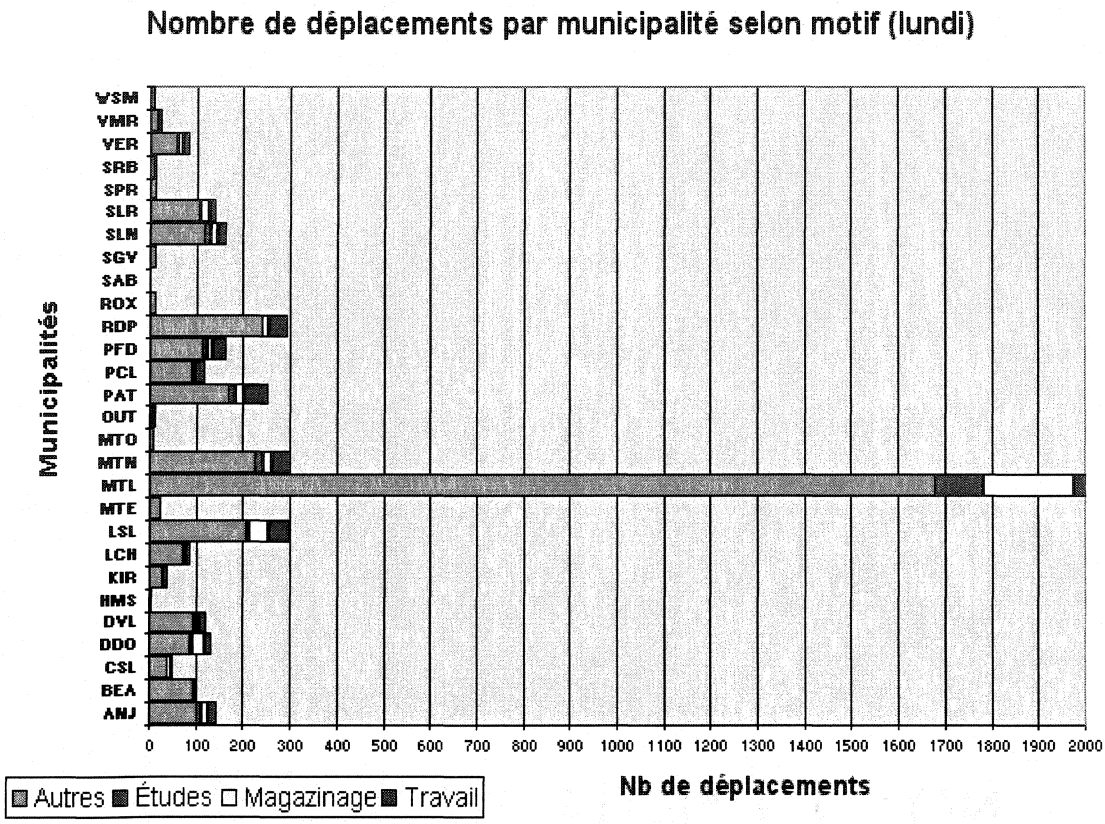


Figure 3.6 Déplacements réalisés le lundi par municipalité d'origine selon motif

3.2.2 La classe d'objet *Client*

L'objet client est défini par des attributs de dénomination comme le nom, le sexe, l'âge, la langue, l'adresse du domicile (coordonnées MTM, code postal, municipalité, etc.), le type de handicap (moteur, intellectuel, psychique, organique, visuel, autres) et par un attribut unique d'identification, le numéro de dossier. Selon le motif des déplacements, il est possible de dériver un statut du client. On trouve ainsi des travailleurs, des étudiants, des malades et autres.

Tableau 3.2 Propriétés et méthodes associées à l'objet Client

Objet	Propriétés	Méthodes
Client	Nom Sexe Âge Numéro de dossier Statut Langue Code EAFT	Création du déplacement Tournée associée Nombre de déplacements

Une méthode intrinsèque simple comme le comptage des clients qui habitent la Rive-Sud proche est un outil qui est utilisé pour la planification des ressources à fournir à la clientèle qui utilise plus de deux services de transport adapté.

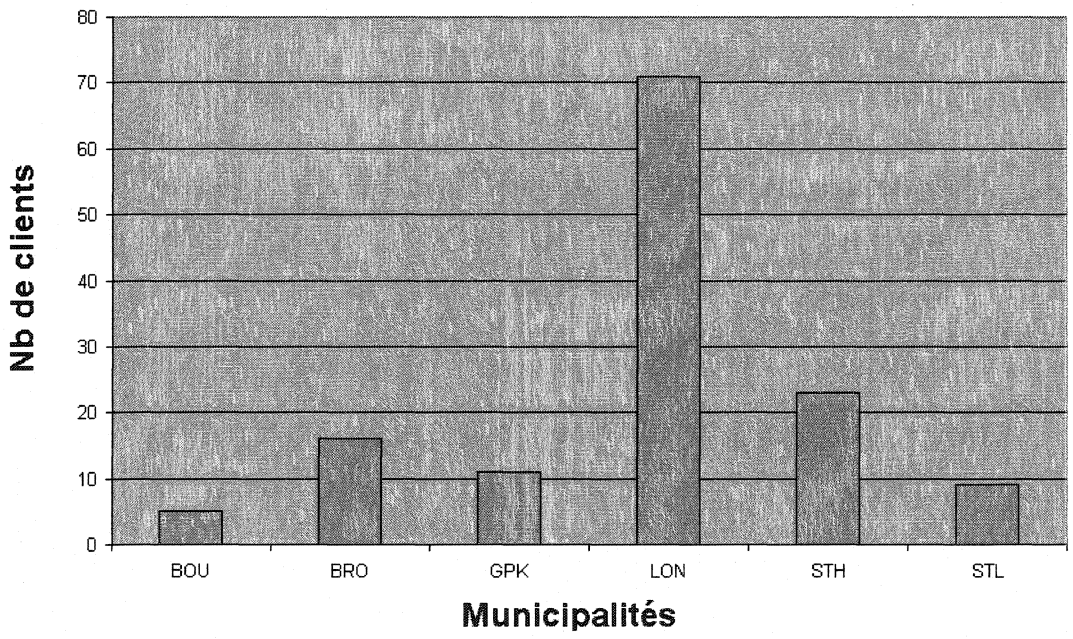


Figure 3.7 Nombre de clients de la STM qui habitent la Rive-Sud proche

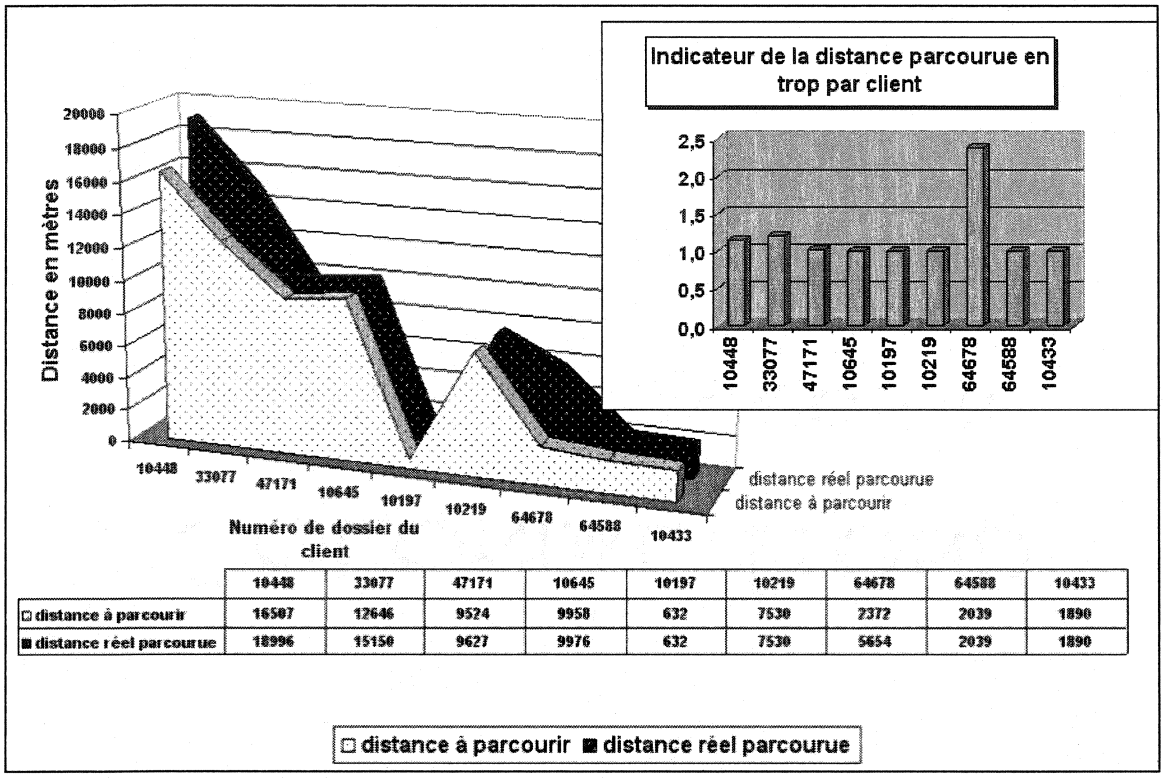
3.2.3 La classe d'objet *Déplacement*

L'objet Déplacement est identifié principalement par les coordonnées des lieux de ramassage et de dépôt du client. À cet attribut, s'ajoutent le type de véhicule utilisé (minibus ou taxi), les heures de ramassage et de dépôt, l'heure de réservation du service (pour mesurer la performance du service), le code de la tournée et les correspondances effectuées.

Tableau 3.3 Propriétés et méthodes de la classe objet Déplacement

Objet	Propriétés	Méthodes
Déplacement	Heure de ramassage Heure de dêpot Origine Destination Temps d'embarquement Temps de débarquement Tournée Correspondances Type de véhicule	Spatialiser (zone, zone de taxi) Calcul de la distance Calcul de la durée Associer à une chaîne Associer à une tournée Nature de déplacement

Les propriétés spatiales et temporelles nous permettent de dériver d'autres attributs tels que la distance parcourue, la durée et le nombre d'arrêts effectués par les clients. Ces attributs permettent aussi de dériver l'information qui caractérise la réalité du service qui est offert à une clientèle qui, par ses contraintes de mobilité et par sa faible condition physique, a besoin d'optimiser le temps du déplacement individuel le plus possible. La figure suivante montre les distances réelles parcourues et les distances calculées à vol d'oiseau de chaque client dans une tournée particulière et aussi l'indicateur du pourcentage de distance parcourue en trop pour chaque individu.



	10448	33077	47171	10645	10197	10219	64678	64588	10433
□ distance à parcourir	16507	12646	9524	9958	632	7530	2372	2039	1890
■ distance réel parcourue	18996	15150	9627	9976	632	7530	5654	2039	1890

Figure 3.8 Comparaison entre les distances réelles parcourues et les distances calculées à vol d'oiseau

3.2.4 La classe d'objet *Tournée*

La principale propriété de la classe d'objet *Tournée* est son identificateur qui est attribué par l'OTA. L'identificateur détermine aussi le type de véhicule utilisé pour faire la tournée (la lettre T définit une tournée en taxi) et donc sa capacité. Les autres propriétés décrivant l'objet *Tournée* sont les heures de début et de fin et la séquence des arrêts (coordonnées X, Y) avec le numéro de dossier de chaque client. Différentes méthodes nous permettent de calculer la distance totale parcourue, la charge dans chacun des arrêts, le taux d'occupation moyen du véhicule pendant la tournée, l'événement qui se produit lors de l'arrêt (embarquements ou débarquements)…

Tableau 3.5 Propriétés et méthodes de la classe objet Tournée

Objet	Propriétés	Méthodes
Tournée	Identificateur Nom de la compagnie Type de véhicule (capac.) Heure de début Heure de fin Séquence Identificateur client Lieu/heure de ramassage Lieu/heure de dépôt Équipement	Spatialiser (zone, zone de taxi) Calcul de la distance Calcul de la durée Taux d'occupation Utilisation du véhicule Séquence de types d'arrêts

Des méthodes de calcul et associatives sont utilisées pour la détermination de la distance parcourue et de la charge du véhicule à chaque arrêt. Elles sont illustrées dans la figure 3.9.

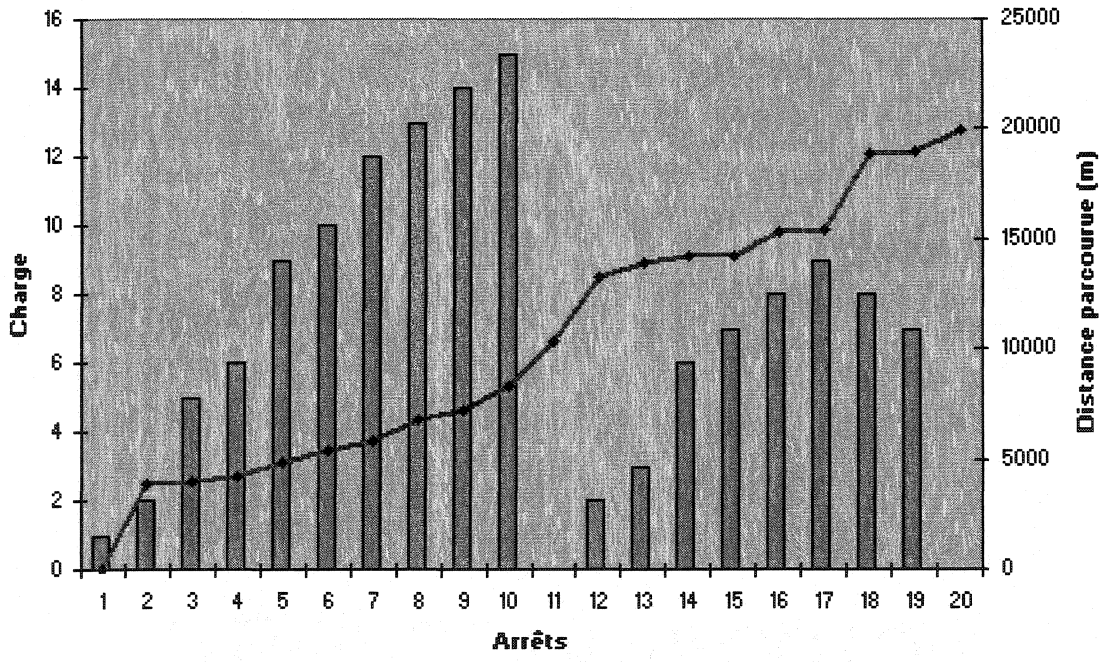


Figure 3.9 Charge aux arrêts et distance parcourue dans une tournée particulière.

3.2.5 Classe d'objet *Réseau TA*

Un objet de la classe *Réseau TA* est défini par des propriétés comme le nombre de véhicules, le nombre de clients, le nombre de chauffeurs et le nombre d'assignations. Des méthodes de spatialisation, de calcul des statistiques, de création des tournées et des assignations sont des procédures qui aident à mieux caractériser l'objet *Réseau TA*.

Tableau 3.6 Propriétés et méthodes de la classe objet *Réseau TA*

Objet	Propriétés	Méthodes
Réseau TA	Nombre de clients Nombre de véhicules Nombre de chauffeurs Nombre de générateurs Nombre d'assignations	Spatialiser (zone, zone de taxi) Statistiques Création des tournées Création d'assignations

3.3 Les relations entre les objets du transport adapté

Les relations entre les objets du transport adapté montrent les transactions impliquées entre deux ou plusieurs objets. Par exemple, la relation entre l'objet *Véhicule* et l'objet *Déplacement* est de type «1 à plusieurs », tandis que la relation entre l'objet *Client* et l'objet *Domicile* est de type « 1 à 1 ».

Les relations qui permettent de représenter les objets dans un ordre temporel ou spatial sont appelées «collections orientées ». Les déplacements réalisés par l'objet *Client* sont de type collection orientée parce que la relation représentée montre l'ordre chronologique des déplacements.

Le modèle - objet de la figure 3.10 représente les objets utilisés pour l'analyse de la problématique du transport adapté et les relations et transactions existantes entre eux.

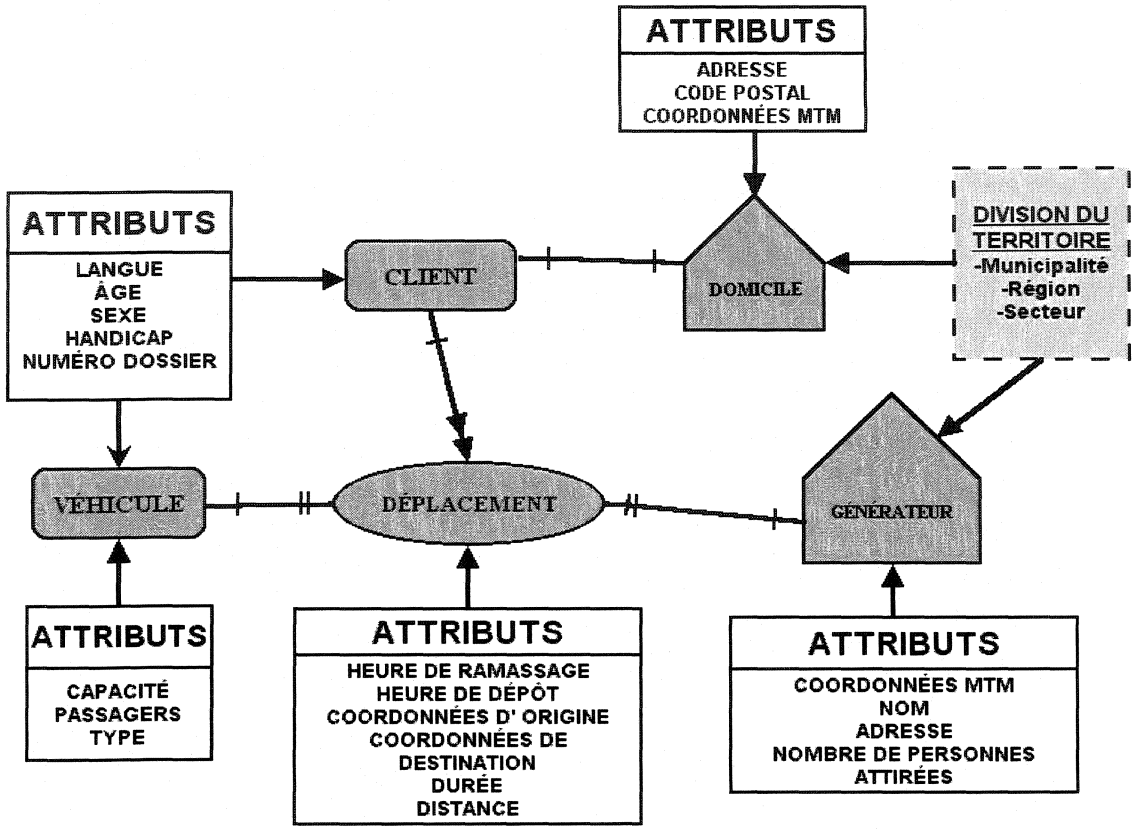


Figure 3.10 Diagramme des relations du modèle orienté - objet du TA

La modélisation du comportement des personnes qui utilisent le système de transport adapté représente une des étapes les plus importantes de notre étude. Pour expliquer tous les comportements des usagers du transport adapté, il faut analyser de près les éléments qui induisent la demande de transport adapté. Les éléments de la demande comme les clients, les générateurs et les tournées seront traités dans le paragraphe 4.2 de façon individuelle pour arriver à une meilleure compréhension de la réalité et du système.

3.3.1 Propriétés et méthodes liées à la demande de transport

3.3.1.1 Les générateurs des déplacements

Les générateurs des déplacements sont des objets qui dérivent des origines et des destinations des déplacements de la clientèle. Les conditions de mobilité des usagers du transport adapté permettent de supposer que les origines ou les destinations des déplacements se font, la plupart du temps, entre un domicile et un générateur ou vice-versa.

Pour analyser l'offre du transport adapté, l'analyse du comportement des générateurs s'avère essentielle dans notre étude. La demande de transport qu'un générateur occasionne, la période du jour ou de la semaine où la demande se présente, le type de client attiré (âge, sexe, type de handicap) et le mode emprunté pour le déplacement seront des propriétés à faire sortir de la base de données pour déterminer l'offre requise.

L'objet *Générateur* a des propriétés qui sont héritées des autres objets comme sa localisation géographique (code postal, coordonnées MTM, adresse) ou sa dénomination quand le nom est déclaré dans l'objet *Déplacement.* Il y a aussi des propriétés qui peuvent être dérivées des propriétés existantes ou déclarées par d'autres objets. Une méthode de classification permet la catégorisation de l'objet selon les activités offertes aux usagers et pour le type de client qui est attiré. La catégorie domicile est dérivée par association entre la base de données de clients inscrits mobiles et les coordonnées de la destination du déplacement. Une recherche verticale dans le tableau des clients permet d'associer la catégorie domicile à certains déplacements. Les catégories études, travail, magasinage et autres sont dérivées en utilisant la propriété motif de l'objet déplacement.

Tableau 3.7 Propriétés et méthodes de l'objet générateur

Propriétés	Méthodes	Description
Lieu	Méthode associative	Permet d'associer une référence spatiale aux générateurs
Catégorie	Méthode de classification	Permet de classifier le générateur selon certains attributs de l'objet *Client*
Création	Méthode génératrice	Création de l'objet générateur à partir des déclarations de déplacements
Déplacements	Méthode associative	Collection de déplacements associés au générateur
Occupation	Méthode statistique	Permet de déterminer le niveau d'occupation des générateurs en un temps donné
Nombre de personnes	Méthode associative	Collection des personnes qui se déplacent vers un générateur
Localisation	Méthode spatiale	Permet de faire une aggrégation spatiale en vertu de ses coordonnées et de la visualiser

Parmi les catégories définies, la catégorie Autres contient les générateurs qui offrent les services de loisir et de santé. Une catégorie Santé est indispensable à définir dans notre classification parce que notre clientèle, par sa condition physique, comporte des visiteurs assidus de centres d'accueil ou des hôpitaux. Pour arriver à la dérivation de cette catégorie, il faut utiliser les propriétés de l'objet client, comme l'âge et le sexe, et aussi utiliser les propriétés de l'objet déplacement, comme l'heure d'arrivée et la durée de la visite. Il existe aussi un attribut dénominateur qui définit le nom de l'établissement visité. Cette propriété est très utile pour déterminer les générateurs de la catégorie «Santé».

Pour dériver l'identification des générateurs en établissant une catégorie, on utilise les propriétés des autres objets qui sont reliés avec les générateurs. Par exemple, les heures de visite d'un client particulier à un établissement peuvent

déterminer le type de générateur. Les objets et les propriétés utilisés pour dériver la catégorie des générateurs sont montrés dans la figure suivante :

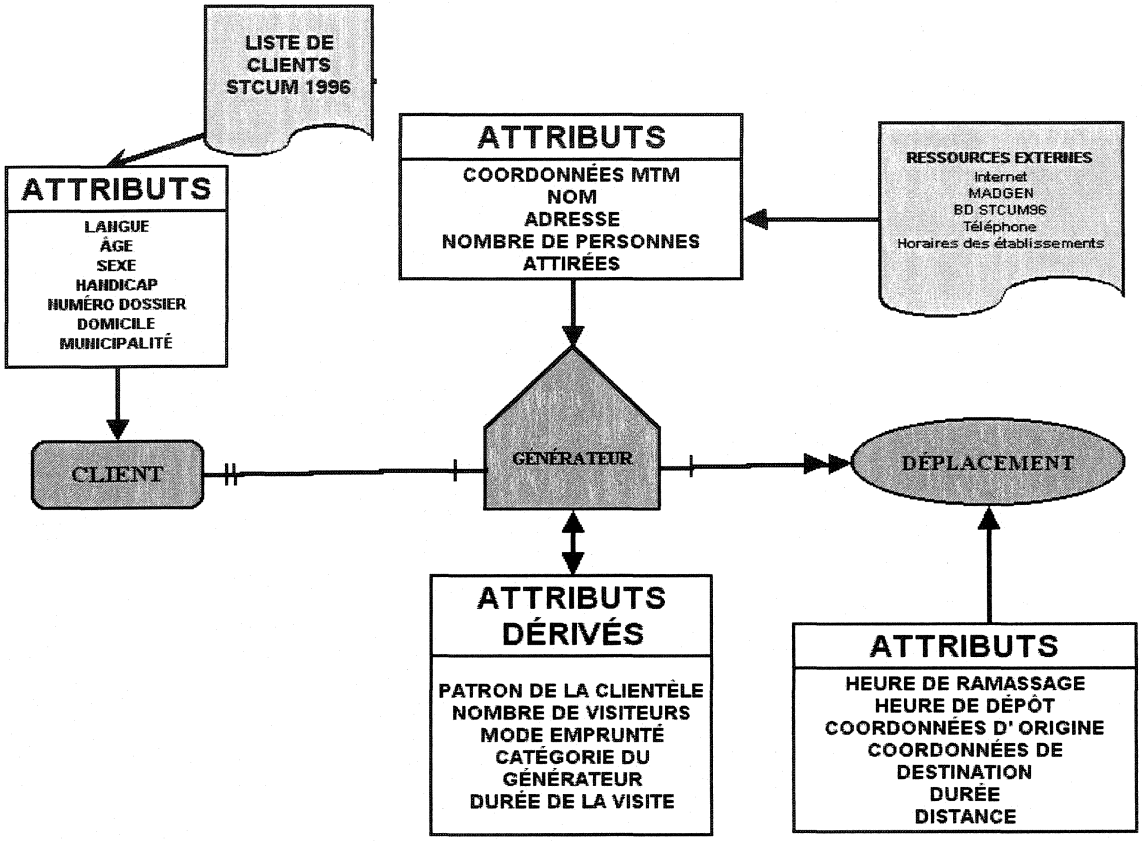


Figure 3.11 Objets et propriétés utilisés pour classifier les générateurs

Chaque méthode utilisée sera montrée dans les analyses présentées au chapitre 4 de notre étude.

3.3.1.2 Clientèle

Comme dans les sections précédentes, les propriétés et les méthodes qui servent à caractériser la demande en transport adapté en utilisant l'objet client seront décrites ici. L'objet client a plusieurs attributs socio-démographiques qui deviennent des outils très efficaces pour dériver plusieurs autres propriétés qui ont une grande signification au moment de caractériser la demande. Les données sur les déplacements jumelées avec les attributs socio-

démographiques permettent de dériver les motifs de déplacements, et, par la suite, le statut de chaque client. La figure 3.12 montre les différents objets et propriétés utilisés pour dériver le statut d'un client et le motif du déplacement.

Dans les fichiers fournis par la STM qui contiennent les horaires des différentes tournées réalisées pendant une journée, le motif apparaît comme un des attributs déclarés. Des méthodes associatives et génératrices ont été appliquées pour arriver à déchiffrer le comportement de chaque client.

L'estimation du statut de chaque client par rapport à sa mobilité est dérivée par association entre les bases de données des déplacements réalisés par client et les bases de données des clients inscrits (16 475 clients). De cette façon, il est très facile de différencier les personnes mobiles (3 552 clients) des non mobiles (12 923 clients). Avec l'information de mobilité de chaque client, la classification des personnes mobiles en : *très mobiles* (plus de 8 déplacements en 7 jours ou plus de 5 jours d'utilisation du service sur 7 jours); *mobiles en fin de semaine* (au moins 20% des déplacements réalisés sont faits la fin de semaine) et *peu mobiles* (moins de 2 déplacements en 7 jours), devient simple à déterminer. Les critères choisis pour déterminer chacun des attributs dérivés ont été définis de manière intuitive. La figure 3.12 illustre la répartition de la clientèle selon la mobilité.

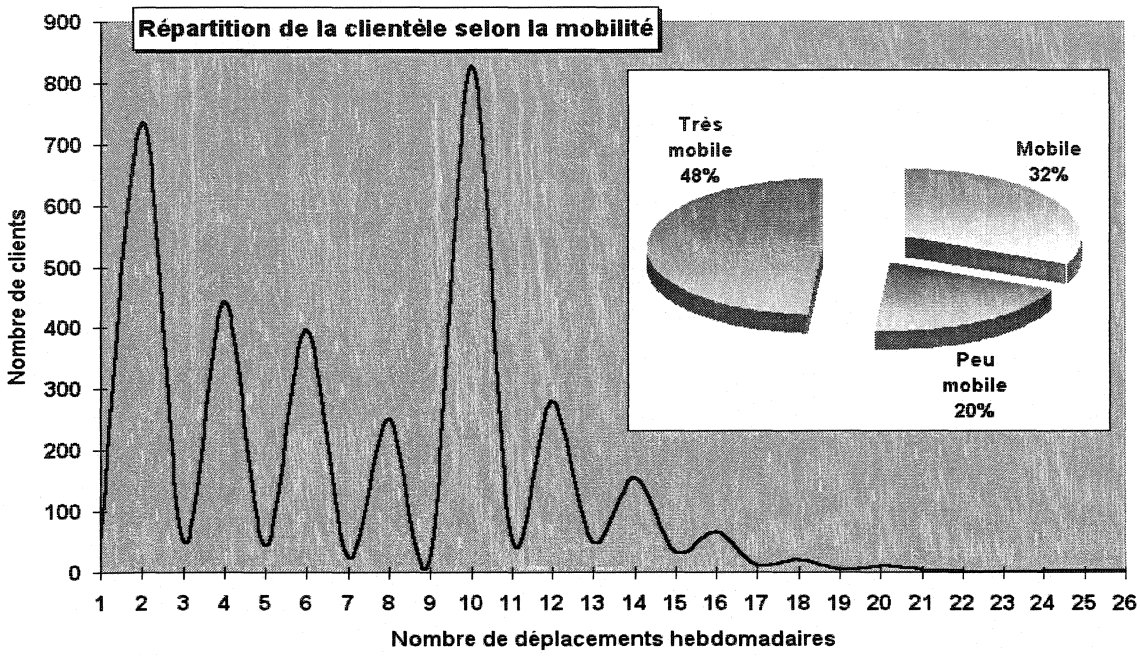


Figure 3.12 Répartition de la clientèle selon la mobilité

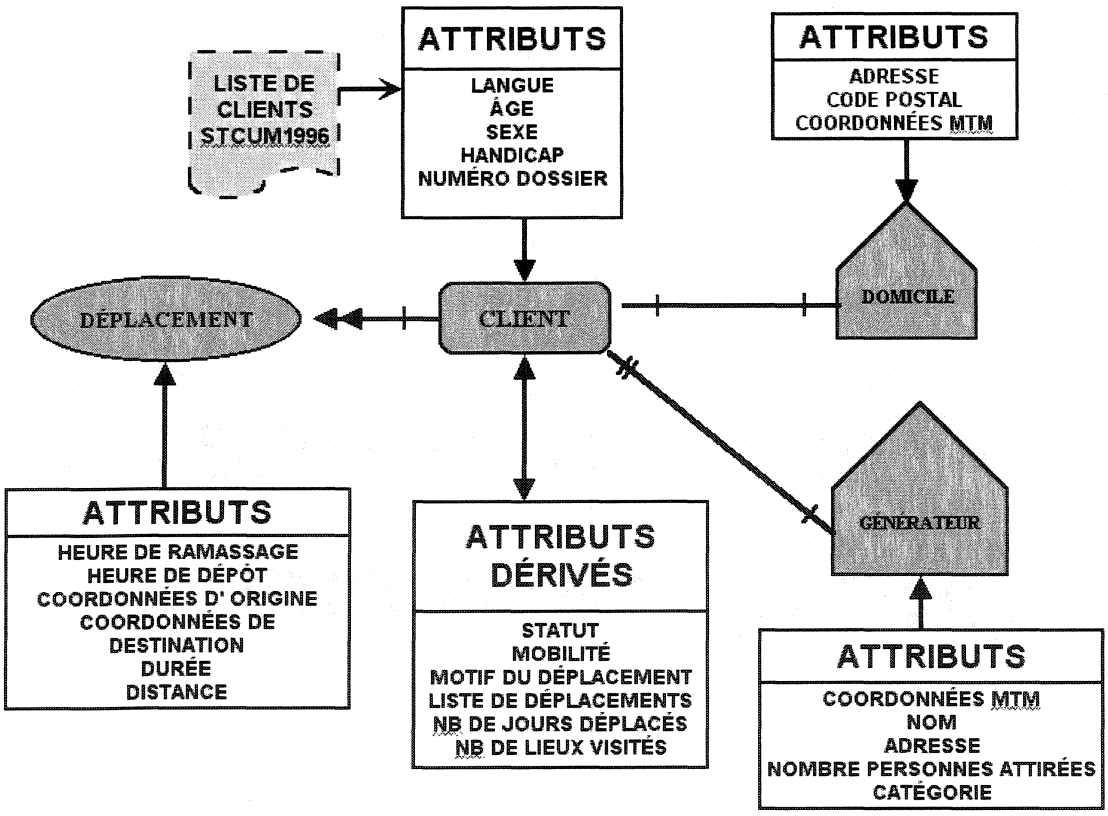


Figure 3.13 Objets et propriétés utilisés pour déterminer le statut des clients

Afin d'effectuer la classification de la clientèle travailleuse et étudiante, la déclaration du motif de déplacement travail ou étude permet facilement de distinguer les deux types. Avec l'aide des tableaux croisés dynamiques, la tâche se fait en quelques instants. Pour classifier les clients malades, la base de données qui rassemble les catégories des déplacements nous permet de connaître les clients qui font des déplacements pour motif «Santé», en assignant la nomination «Malade» à tous les clients qui se déplacent 2 fois par semaine vers les centres d'accueil ou aux hôpitaux. Le tableau suivant présente les méthodes appliquées à l'objet client.

Tableau 3.8 Propriétés et méthodes de l'objet client

Propriétés	Méthodes	Description
Déplacements	Méthode associative	Dérivation des clients mobiles
		Collections des déplacements associés au client
		Permet d'associer le motif du déplacement
Motif	Méthode génératrice	Attibue un motif à un déplacement
Statut	Méthode de classification	Détermine un statut à un client en fonction des propriétés de ses déplacements
Mobilité	Méthode statistique	Détermine le nombre de déplacements réalisés par jour, par semaine et leurs motifs
Localisation	Méthode spatiale	Permet la visualisation de la localisation de la clientèle selon son statut, son motif ou sa mobilité

3.3.2 Propriétés et méthodes liées à l'offre

L'information sur les objets qu'offre du transport adapté, comme le réseau de voirie, les véhicules (choix modal) et l'objet dérivé Tournée, est très insuffisante pour dériver des propriétés qui permettent de faire une caractérisation

appropriée de l'offre. L'objet Tournée apparaît ainsi comme le seul objet qui permet de déduire des informations clé sur la qualité et l'offre du service de transport adapté.

3.3.2.1 Tournées

L'objet *Tournée* est constitué par une séquence d'arrêts réalisés par le véhicule pour ramasser ou déposer des clients à ses différentes destinations. Avec l'information disponible sur chacun des déplacements effectués par la clientèle d'une tournée précise, il est possible de dériver plusieurs attributs comme la durée, le profil de charge, les passagers, les kilomètres effectués, le taux d'occupation, les vitesses, entre autres, qui serviront à déterminer l'offre du service.

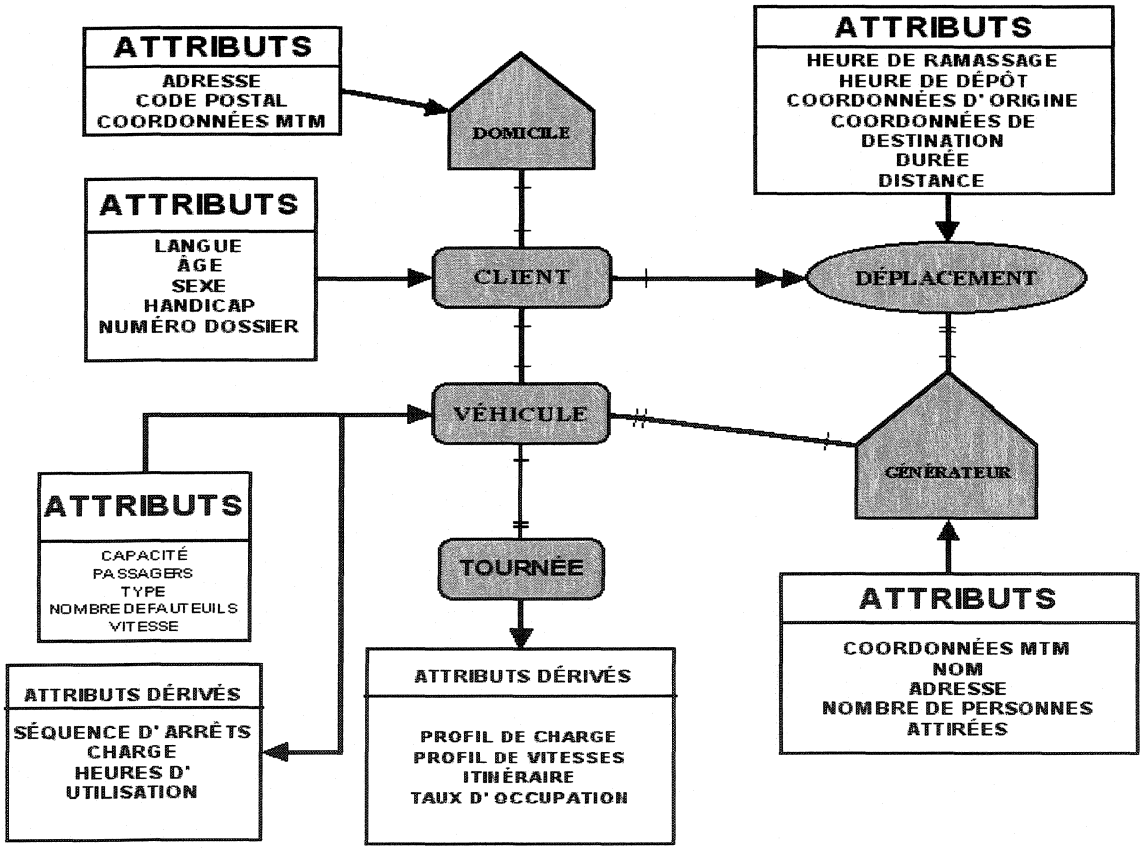


Figure 3.14 Objets et propriétés utilisés pour la caractérisation des tournées

3.3 Conclusions

L'utilisation de l'approche orientée - objet pour la modélisation de la réalité d'un système de transport adapté se révèle être la technique la plus aisée à utiliser par les planificateurs de transport. Le fait d'analyser chaque objet indépendant sur la base de ses attributs individuels, et non sur des tendances du groupe, fait de cette approche un outil analytique très proche du monde réel. L'étude des relations entre les objets permet de visualiser les conflits et aussi les solutions possibles aux problèmes plus communs en TA.

Le passage à l'ère des « informodèles » (modèles axés sur l'information) et des systèmes d'information ne peut qu'accélérer cette migration (vers l'approche orientée - objet), laquelle, du fait, est déjà commencée par l'utilisation des langages informatiques orientés - objets dans le design et la structuration des logiciels de planification [TREPANIER, 1999].

Le modèle orienté - objet du TA avec une approche totalement désagrégée sera utilisé pour distinguer les comportements masqués des principaux objets (clients, générateurs et tournées) dans le chapitre 4.

CHAPITRE 4. ANALYSE DÉSAGRÉGÉE DES OBJETS DU T.A.

La chaîne globale transport, développée dans les années '60 et '70 et appelée aussi Procédure séquentielle classique, constitue toujours le noyau des méthodes et modèles synthétiques utilisés dans les grands logiciels de planification de transport urbain, tels que UTPS (États-Unis), NOPTS (Suisse), DAVIS (France), TRANSEPT (Angleterre), EMME/2 (Canada) [CHAPLEAU,1992]. L'agrégation faite dans cette procédure basée sur la planification à quatre étapes (génération, distribution, répartition modale et affectation), induit une perte des informations obtenues dans une enquête origine -destination en raison du découpage territorial grossier.

L'analyse totalement désagrégée des objets du transport adapté décrit une méthodologie basée sur le traitement des données individuelles de déplacements. En effet, celle-ci permet de maintenir l'intégrité des données recueillies dans une enquête origine – destination (transport urbain) ou dans un recueil de données des déplacements (feuilles de route -transport adapté) par l'utilisation de géoréférences pour la localisation des principaux objets du transport adapté -clients (domicile), générateurs (destinations) et tournées (séquence d'arrêts)- et par l'intégration dans l'analyse des caractéristiques socio-démographiques des individus.

En utilisant un plus grand nombre de paramètres dans la modélisation, le niveau de résolution (représentation de la réalité) est plus élevé. Le fait que les comportements de la clientèle du TA soient prévisibles, en raison de sa condition de clientèle captive, ne donne pas la place aux spéculations et aux hypothèses qu'invalident les résultats obtenus comme dans le cas d'une analyse agrégée.

L'acquisition des références spatiales pour les points d'origine, de destination ou de domicile était la première étape à franchir avant de commencer le traitement et l'analyse des données. Cette tâche, effectuée par le groupe MADITUC, se réalise en utilisant le répertoire géomatique développé pour les enquêtes origine – destination réalisées dans la grande région de Montréal et dirigées par l'Agence métropolitaine des transports.

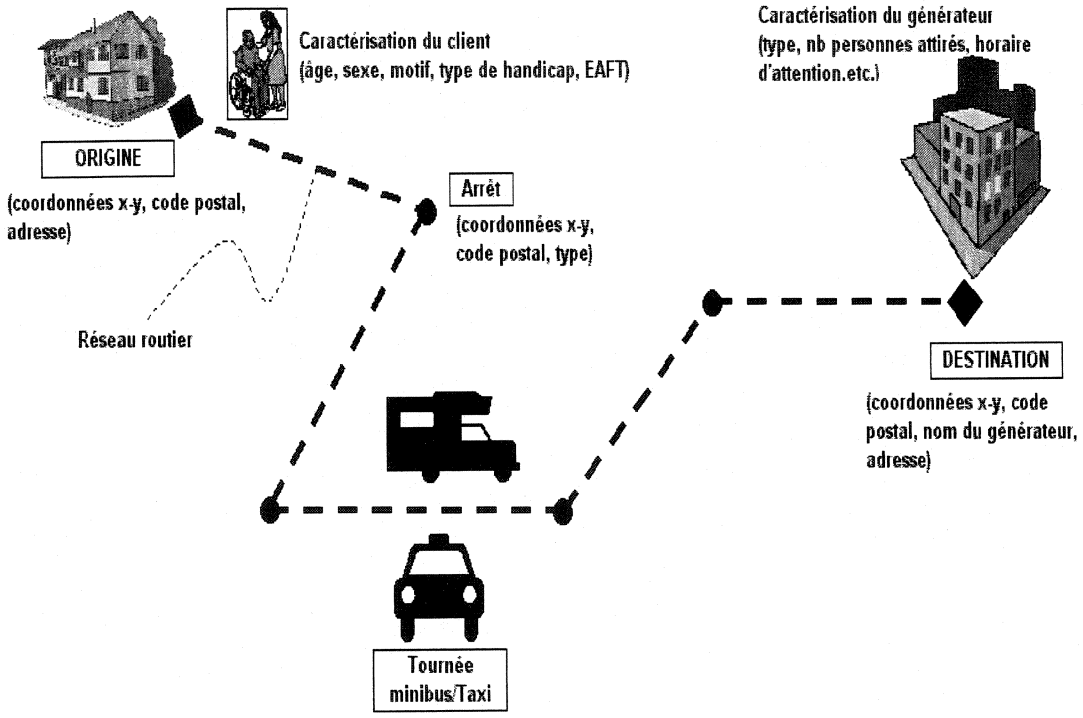
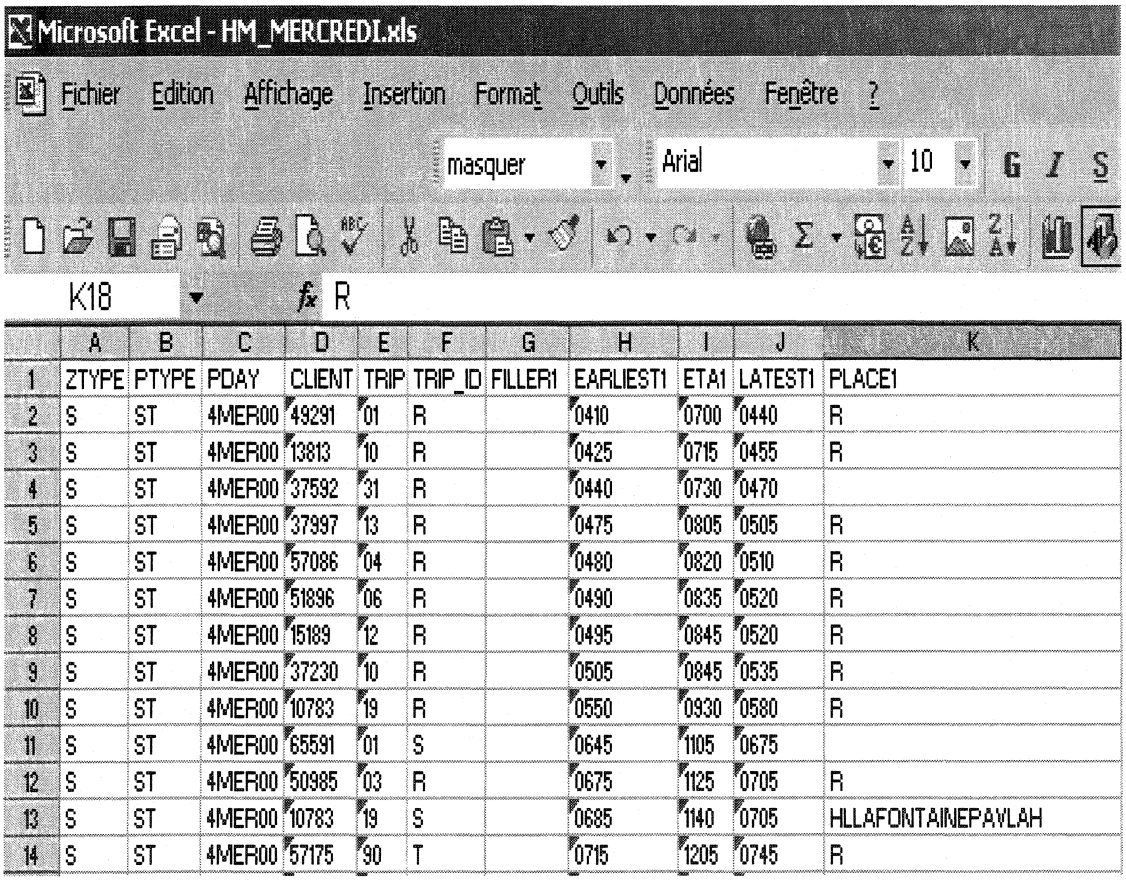


Figure 4.1 Déplacement individuel totalement désagrégé

4.1 L'information disponible pour l'analyse

Les centres de transport adapté de chacun des organismes de transport adapté (OTA) dans la grande région de Montréal recueillent de l'information très utile pour l'analyse des comportements des clients et en conséquence très utile au moment de faire une prévision de la demande et une analyse des ressources disponibles.

La Société de Transport de Montréal a fourni au groupe MADITUC les bases de données des clients inscrits au service de transport adapté et l'information des déplacements effectués pendant une semaine. L'information opérationnelle recueillie est présentée en format DBF (Data Base Format) et est constituée de 8 fichiers qui regroupent les données des clients inscrits et les déplacements réalisés pour la clientèle pendant une semaine. Une description des fichiers est présentée au tableau 4.1.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ZTYPE	PTYPE	PDAY	CLIENT	TRIP	TRIP_ID	FILLER1	EARLIEST1	ETA1	LATEST1	PLACE1
2	S	ST	4MER00	49291	01	R		0410	0700	0440	R
3	S	ST	4MER00	13813	10	R		0425	0715	0455	R
4	S	ST	4MER00	37592	31	R		0440	0730	0470	
5	S	ST	4MER00	37997	13	R		0475	0805	0505	R
6	S	ST	4MER00	57086	04	R		0480	0820	0510	R
7	S	ST	4MER00	51896	06	R		0490	0835	0520	R
8	S	ST	4MER00	15189	12	R		0495	0845	0520	R
9	S	ST	4MER00	37230	10	R		0505	0845	0535	R
10	S	ST	4MER00	10783	19	R		0550	0930	0580	R
11	S	ST	4MER00	65591	01	S		0645	1105	0675	
12	S	ST	4MER00	50985	03	R		0675	1125	0705	R
13	S	ST	4MER00	10783	19	S		0685	1140	0705	HLLAFONTAINEPAVLAH
14	S	ST	4MER00	57175	90	T		0715	1205	0745	R

Figure 4.2 Fichier de base de données des déplacements

Tableau 4.1 Description des fichiers des données sur le service de TA

Fichiers	Nb d'enregistrements	Description
cl_final.DBF Taille: 1272 KB	16475	Clients admis au service de transport adapté
HM_LUNDI.DBF Taille: 2472 KB	4985	Déplacements réalisés le lundi
HM_MARDI.DBF Taille: 2567 KB	5177	Déplacements réalisés le mardi
HM_MERCREDI.DBF Taille : 2507 KB	5054	Déplacements réalisés le mercredi
HM_JEUDI.DBF Taille : 2501 KB	5043	Déplacements réalisés le jeudi
HM_VENDREDI.DBF Taille : 2500 KB	5041	Déplacements réalisés le vendredi
HM_SAMEDI.DBF Taille : 470 KB	941	Déplacements réalisés le samedi
HM_DIMANCHE.DBF Taille: 365 KB	728	Déplacements réalisés le dimanche

L'information incluse dans les bases de données comprend une quantité de données très variées qui permettront l'émergence de tendances et l'obtention des statistiques qui aideront à mieux comprendre le modèle actuel d'exploitation du service de transport adapté. Le traitement des bases de données nous permettra de dériver les caractéristiques de la clientèle desservie, la matrice des déplacements (origine -destination) pendant une période de temps déterminé et finalement de déduire le comportement de la demande dans l'espace – temps.

4.2 Description des données

Les fichiers obtenus pour l'analyse totalisent 12.13 Méga octets. Le fichier relatif aux clients inscrits contient l'information décrivant la localisation du domicile du client et son numéro de dossier. Les sept fichiers relatifs aux déplacements des clients pendant la semaine d'étude contiennent les informations relatives aux déplacements effectués pour chaque client (origine, destination, heure de départ, heure d'arrivée, distance, durée), les tournées réalisées par type de véhicule dans la journée et d'autres informations plus détaillées des clients. La figure 4.3 montre les différents champs trouvés dans le deux types de fichiers étudiés.

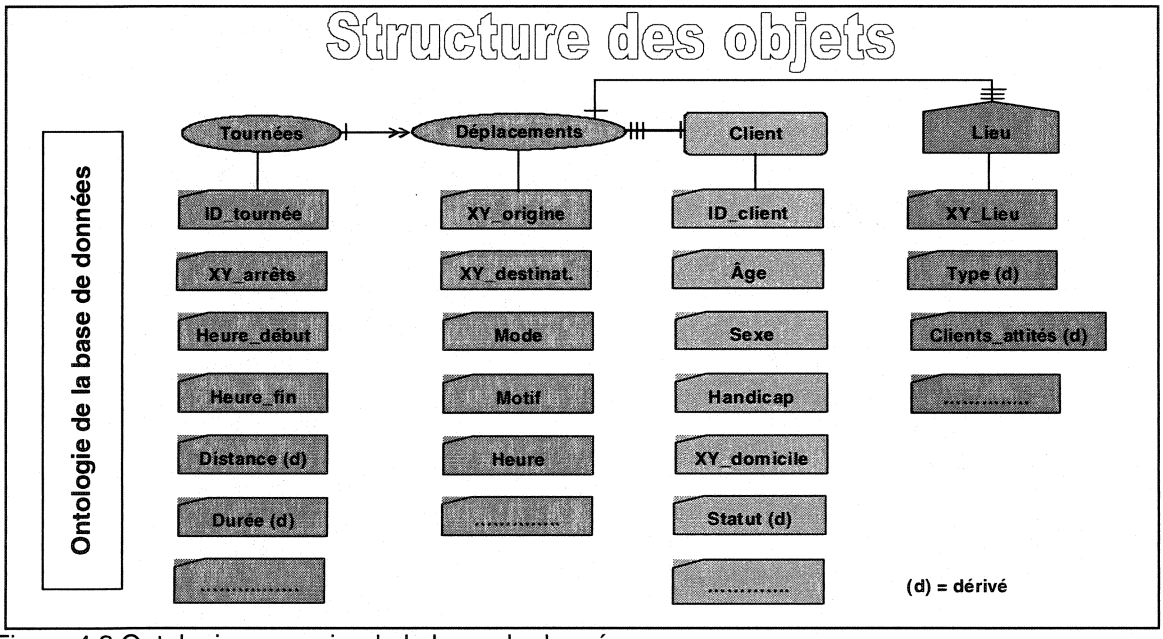


Figure 4.3 Ontologie sommaire de la base de données

L'information contenue dans ces deux types de fichiers nous a permis de dériver un ensemble de tableaux en EXCEL qui ont aidé à la caractérisation de chacun des objets du transport adapté. La définition des différents objets du transport adapté, de leurs propriétés et des relations qui existent entre eux (Ontologie) a été réalisée pour mieux comprendre la structure des bases de données fournies.

La figure 4.4 présente le schéma d'exploitation des bases de données réalisées pour caractériser chacun des objets du transport adapté.

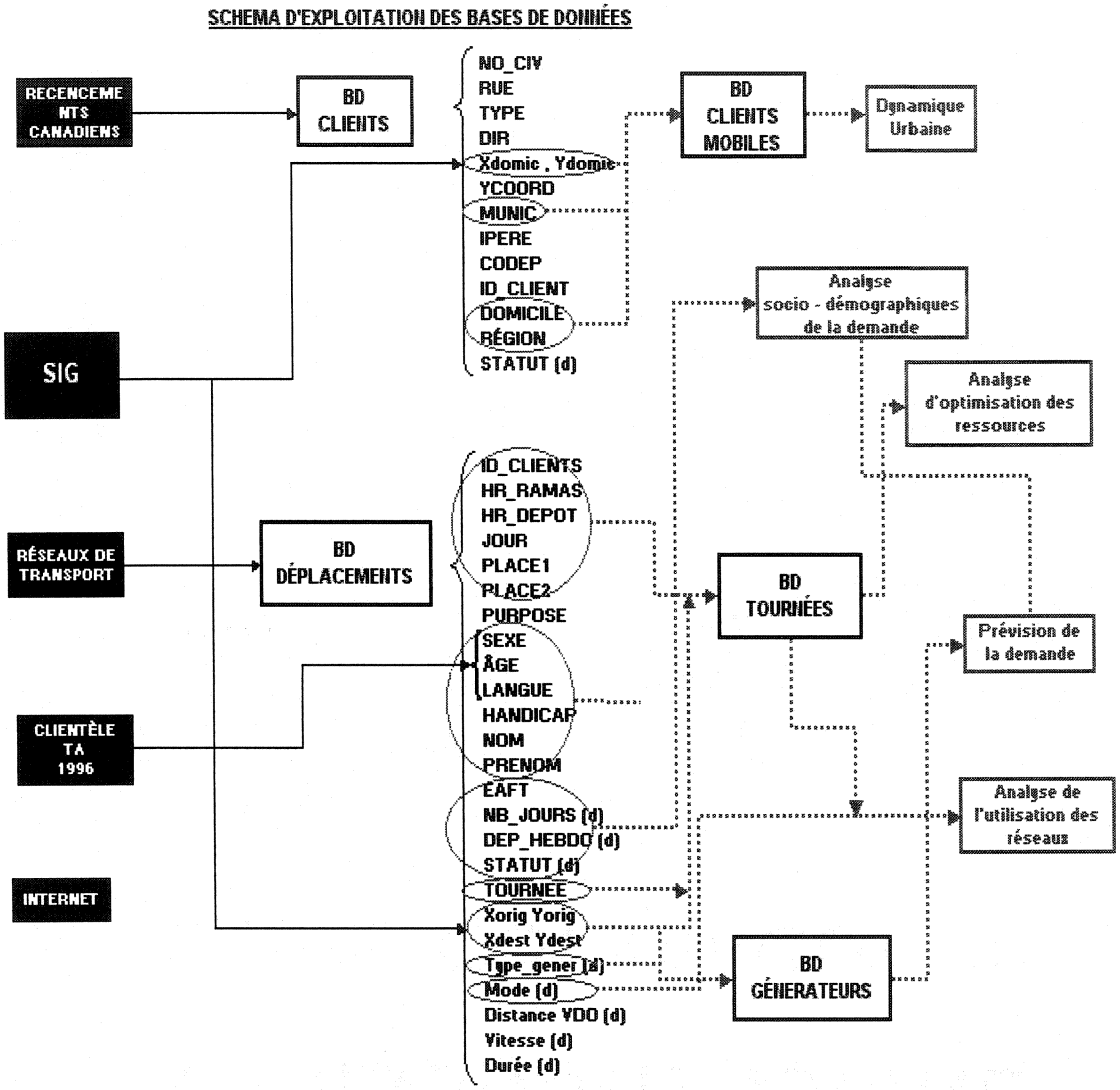


Figure 4.4 Schéma d'exploitation des bases des données

4.2.1 La géolocalisation des données

Les données recueillies appartiennent au territoire desservi par la STM (Société de Transports de Montréal). Ce territoire inclut la Ville de Montréal qui est découpée selon un système de 5 zones (régions) qui sont elles-mêmes

découpées en 41 secteurs. Le découpage du territoire nous permet de mieux visualiser les aspects socio-économiques comme la distribution de la population, la mobilité entre les différents secteurs et la localisation des principaux générateurs de déplacements entre autres.

Par ailleurs, ce découpage en 41 secteurs est en processus de réévaluation par la STM pour permettre une désagrégation plus fine qui divisera le territoire en 1037 zones dont 998 zones fines couvrant le territoire de Montréal et 39 RTA (régions de tri d'acheminement) couvrant la ville de Laval et de la Rive - sud proche. Ce découpage est montré à la figure 4.5. Cependant notre étude sera limitée à l'analyse spatiale du territoire divisé en 5 zones et 41 secteurs.

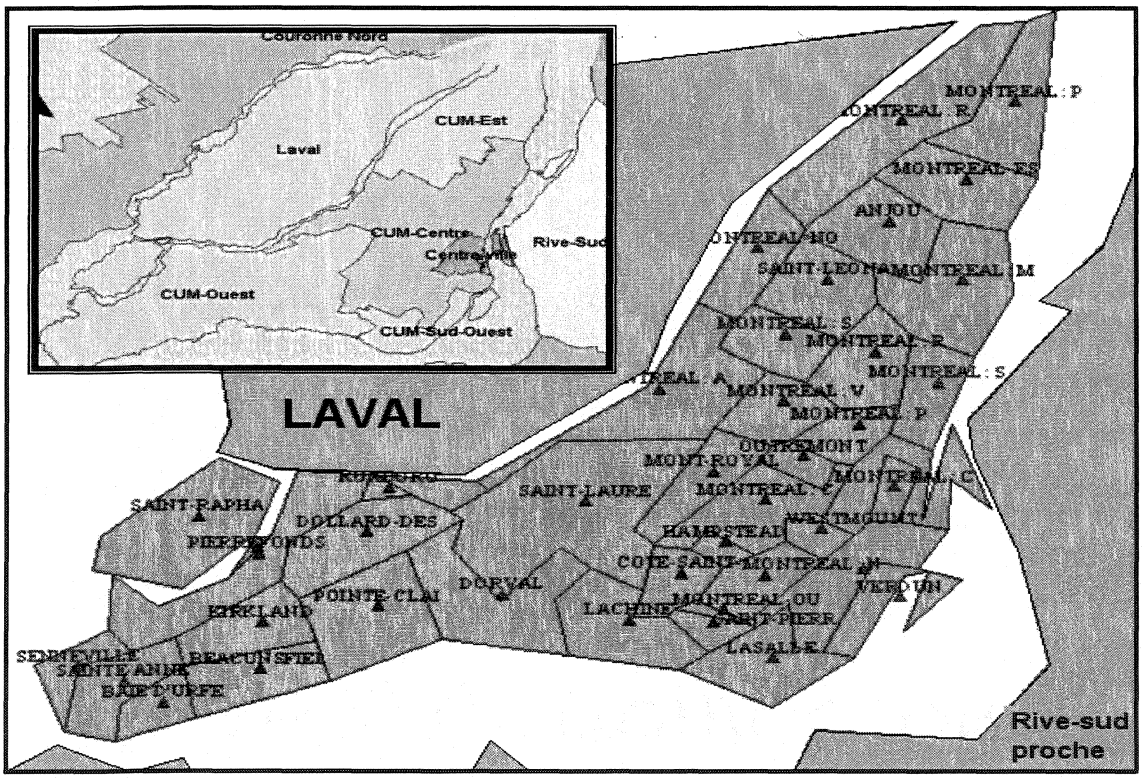


Figure 4.5 Territoire de la STM divisé en 41 zones et 5 régions

(source : www.transport.polymtl.ca)

L'activité de géolocalisation réalisée par le groupe MADITUC utilise les outils de géocodification trouvés dans le logiciel MADITUC (Modèle d'analyse désagrégée des itinéraires de transport urbain collectif). Les données ont été converties en tables, corrigées et nettoyées de toute information redondante ou incorrecte. De plus, le processeur territorial s'est occupé à repérer l'information dans les dictionnaires de géocodification et à ajouter des colonnes qui contiennent les coordonnées XY selon la projection MTM (Modified Transverse Mercator) basée sur le système de référence géodésique NAD83. La majorité des données à géolocaliser était constituée d'adresses civiques (lieux de résidence) et le reste des localisations étaient des places d'affaires (générateurs, lieux publics, etc.).

Ce traitement des données a permis d'établir une référence spatiale pour les origines et les destinations de chaque déplacement réalisé par le transport adapté de la STM. Les couples de coordonnées MTM permettent d'établir avec précision tous les endroits sur une carte et de les visualiser avec des logiciels de visualisation comme ArcExplorer®.

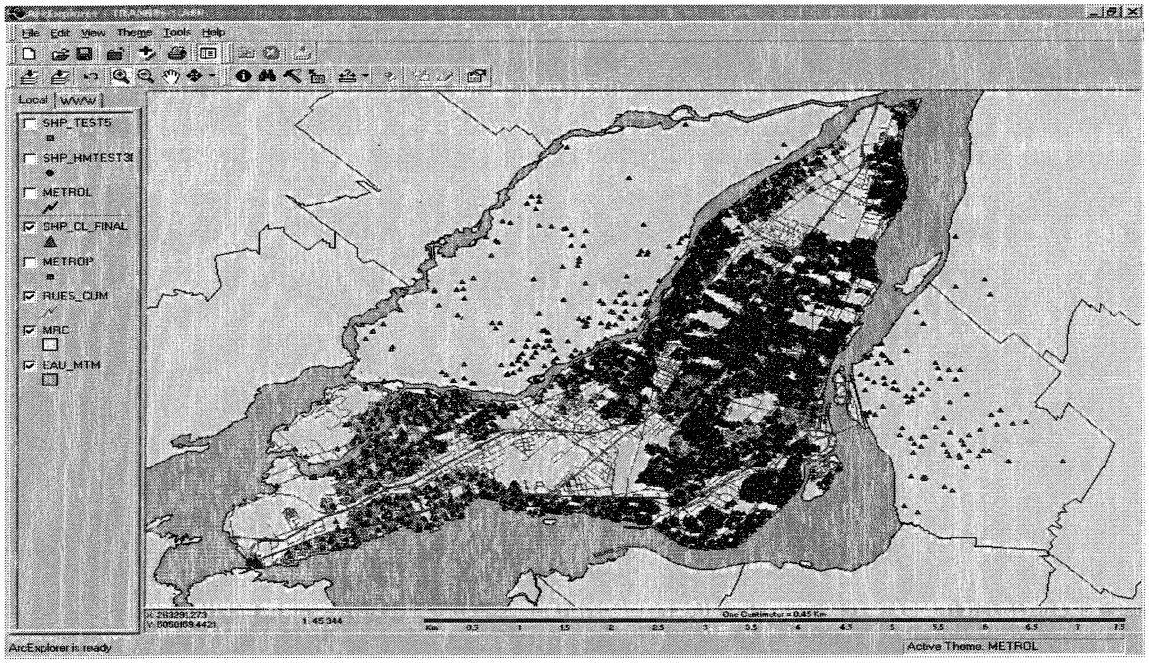


Figure 4.6 Géolocalisation des clients de la STM

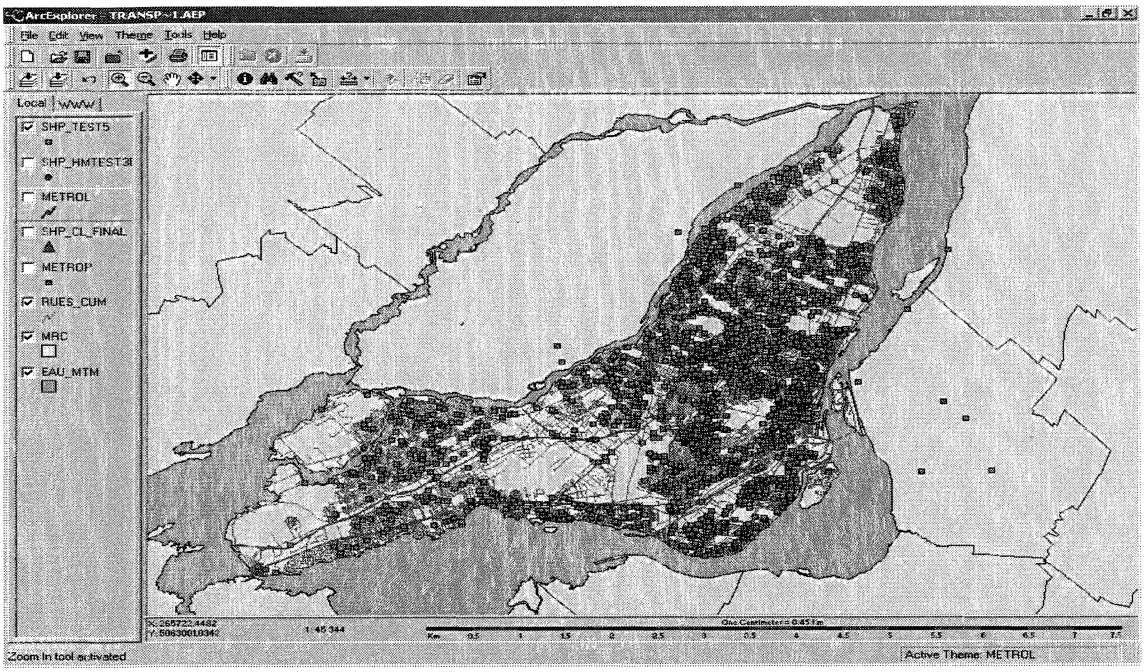


Figure 4.7 Géolocalisation des origines des déplacements d'un jour spécifique

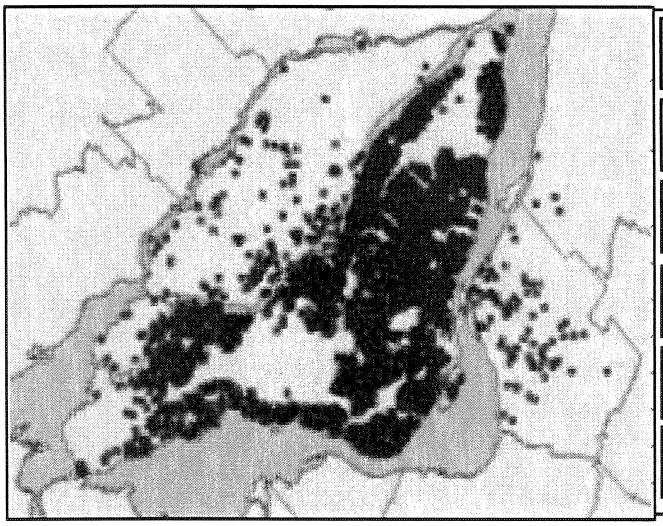
4.3 Analyse comportementale de la mobilité

Avec l'aide de nouvelles techniques d'analyse des bases de données, les bases de données qui atteignent aujourd'hui la taille de tera-octets sont plus facilement traitées pour dévoiler l'information stratégique pour la planification en temps réel des systèmes de transport adaptés. Ces nouveaux instruments s'avèrent très utiles lorsqu'on prétend faire croître les revenus (meilleur offre du service) ou réduire les coûts (optimisation des ressources). L'obtention de « patterns » et de relations entre les données permet la visualisation de certains phénomènes qui se produisent dans une dimension spatio-temporelle. Ces patrons caractérisent les comportements des différents objets définis et avec ces habitudes, la construction de modèles comportementaux pour les personnes, les lieux et les tournées nous permettent de représenter d'une façon plus fidèle la réalité.

Les modèles qui peuvent être construits sont de deux types : prédictifs ou descriptifs. Les modèles prédictifs nous permettent de faire un pronostic de la

demande de transport à moyen ou long terme. Les modèles descriptifs permettent la création de sous-classes (« clusters ») qui décrivent d'une façon plus détaillée les comportements des objets du modèle.

Les techniques de recherche des comportements des objet d'un système, représentent un des pas pour arriver à une meilleure compréhension de la problématique du transport adapté à Montréal. L'identification exacte du problème, la collecte et la préparation adéquate de l'information, l'interprétation et l'instauration appropriée d'un modèle ainsi que le suivi des résultats sont les étapes les plus importantes pour assurer le succès du processus de découverte de la connaissance. Une fois que vous avez réussi à bien comprendre les données et le problème à résoudre, les algorithmes et les outils de visualisation peuvent vous dévoiler l'information qui été cachée auparavant. La figure suivante montre la spatialisation des résidences de la clientèle du transport adapté desservi par la STM.



Région	Population	% handicapés
CUM-CENTRE	948 135	1.06%
CUM-EST	293 405	1.05%
CUM-OUEST	326 035	0.49%
CUM-SUD-OUEST	141 710	0.76%
CENTRE-VILLE	66 405	0.52%

Figure 4.8 Spatialisation de la clientèle

4.3.1 L'analyse de la demande

La nécessité de se déplacer crée une demande de base pour un système de transport. Les déplacements sont le résultat des besoins « générés» par une personne se destinant à un lieu en un temps précis et ce besoin est produit pour satisfaire certains patrons d'activités. Donc, pour comprendre la demande, il faut d'abord analyser le comportement des usagers du système de transport et ainsi dériver la demande des lieux visités. Dans les paragraphes suivants, une description de chacun des objets du système de transport adapté sera faite pour aider à dériver le comportement des usagers du service.

4.3.1.1 Qui est la clientèle du transport adapté?

L'information fournie par la STM nous permet de présenter différentes caractéristiques de la population inscrite selon une agrégation de données en 5 régions et 41 secteurs.

- Au niveau régional, les handicapés constituent 1% de la population (calibrés avec le recensement de 1996) et 62% sont regroupés dans la région CUM-CENTRE qui regroupe 16 secteurs du territoire où se trouvent les principaux générateurs.
- L'âge moyen dans toutes les régions se situe entre 58 et 63 ans, la prépondérance des hommes dans la population est de 70% avec un ratio Hommes/Femmes de 2.57 dans l'ensemble de la région.
- 22% de la population inscrite au service de TA est mobile et comme dans le cas du reste de la population, la mobilité est proportionnelle aux revenus. La CUM-OUEST montre un pourcentage de 31% de personnes mobiles.

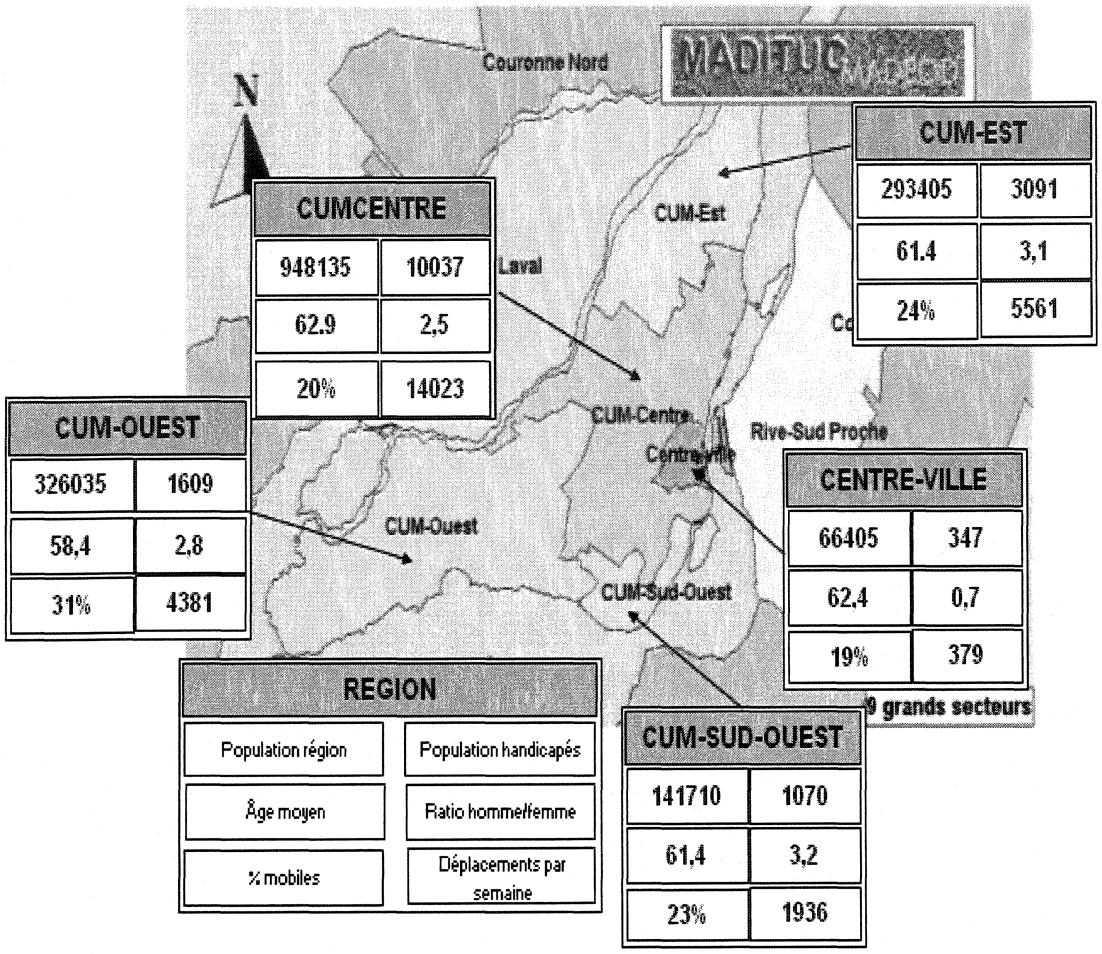


Figure 4.9 Statistiques de la population handicapée à Montréal

De plus, la clientèle qui utilise le service de transport adapté (3 547 clients mobiles) peut être définie en classes selon son degré de mobilité. Une personne qui fait plus de 8 déplacements par semaine est considérée comme «Très mobile» et ceux qui font moins de deux déplacements par semaine sont «Peu mobiles». 48% de la clientèle est « Très mobile » est seulement 4% se mobilisent la fin de semaine.

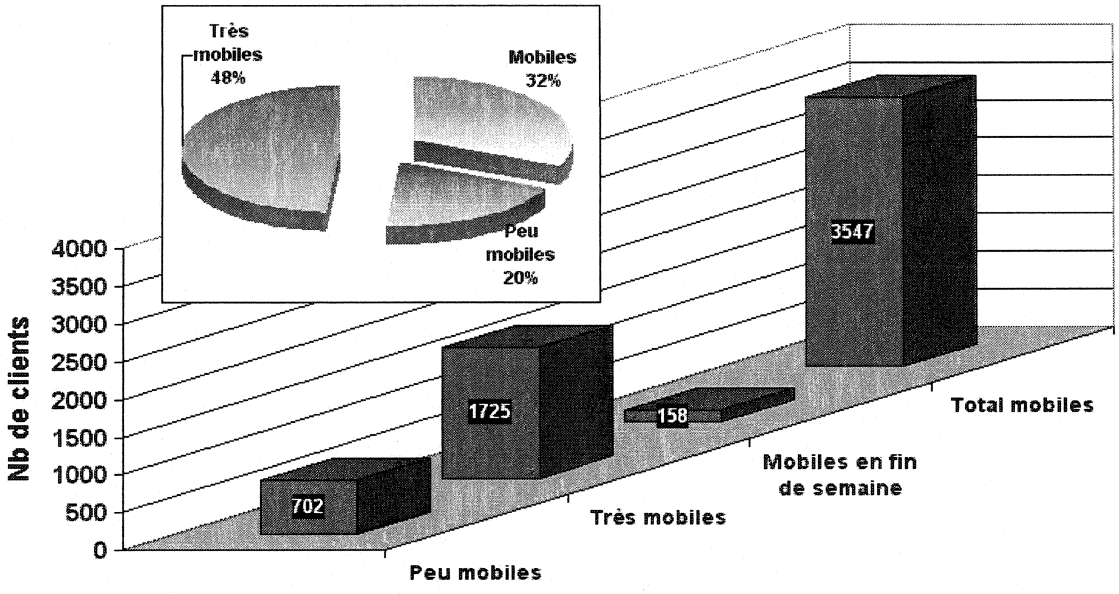
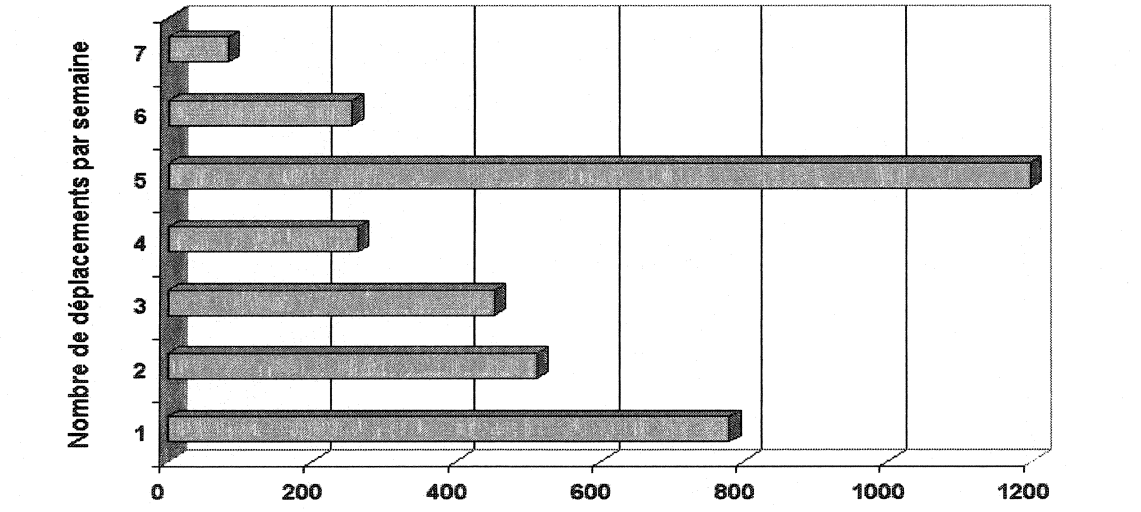


Figure 4.10 Distribution de la clientèle selon le dégré de mobilité

Le nombre de jours d'utilisation du service adapté par la clientèle mobile constitue aussi un élément de caractérisation du comportement. 33% se déplacent 5 jours par semaine et 22% ne font qu'un déplacement pendant la semaine. La Figure 4.11 présente le nombre de clients selon le nombre de jours qu'ils utilisent le service.



	1	2	3	4	5	6	7
Nb de clients	781	513	453	264	1198	256	82

Figure 4.11 Nombre de clients selon le nombre de jours d'utilisation du service

Il faut toujours considérer que ces chiffres reflètent partiellement la réalité parce que les bases de données ne sont pas mises à jour régulièrement. En effet, les déménagements et les décès des clients ne sont pas recensés, donc le pourcentage de clients mobiles peut augmenter si on retranche les usagers inscrits qui sont morts ou qui ont déménagé dans une autre région.

Caractérisation selon l'âge, le handicap et le sexe

Les 3547 clients qui se sont déplacés pendant la semaine d'étude ont des caractéristiques très particulières qui nous permettront de bien définir leurs comportements. Il faut clarifier que 38% des enregistrements des clients mobiles n'ont pas l'information sur l'âge. 65% des personnes mobiles sont de sexe masculin et approximativement 43% des femmes mobiles sont dans la cohorte des 40-60 ans. Le fait d'analyser une seule semaine des données est aussi un facteur prépondérant dans cette analyse parce qu'il y a des clients qui se déplacent très peu et qui ne se sont pas déplacés pendant la semaine étudiée.

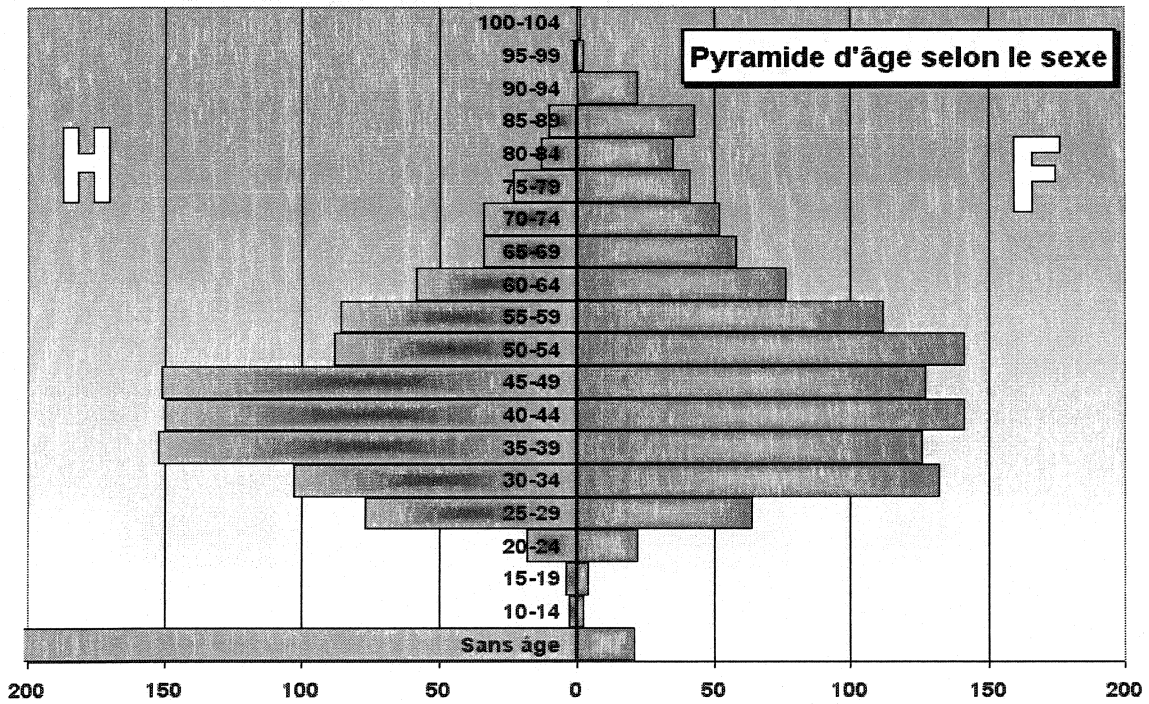


Figure 4.12 Superposition des pyramides d'âges des clients inscrits et mobiles

L'âge est un attribut de la clientèle qui affecte de façon radicale le degré de mobilité des personnes handicapées. La graphique suivante montre l'augmentation de la non mobilité avec l'âge.

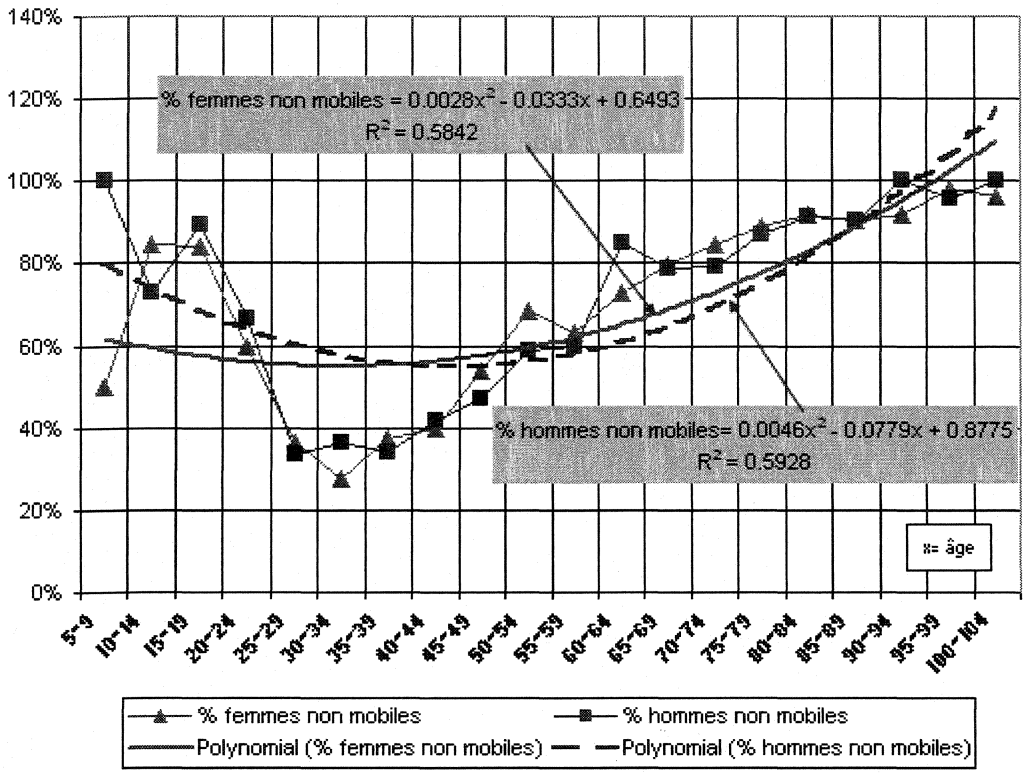


Figure 4.13 Évolution de la non mobilité avec l'âge

La clientèle est aussi caractérisée par le type de handicap. En ce sens, 16% des femmes et 27% des hommes ont un handicap «Moteur». Les handicapés «Moteur» et «Intellectuel» représentent 90% chez les femmes et 80% chez les hommes. Le tableau 4.2 présente la distribution par région selon le type de handicap de la clientèle mobile, 56% des handicapés résident dans la région CUMCENTRE et 83% de la totalité des handicapés ont une déficience intellectuelle ou motrice.

Tableau 4.2. Distribution des handicapés par région

Région	Autre	Intellectuel	Moteur	Organique	Psychique	Visuel	Nb total de clients	
CUMCENTRE	12	681	976	70	67	141	1947	56,2%
CUME	3	346	285	24	46	17	721	20,8%
CUMO	3	281	140	22	11	30	487	14,1%
CUMSO	1	119	76	6	13	22	237	6,8%
CV	1	5	51	3	0	5	65	1,9%
LAVAL	0	1	4	0	0	0	5	0,1%

La figure 4.14 présente la distribution par âge et par type de handicap de la clientèle mobile du transport adapté.

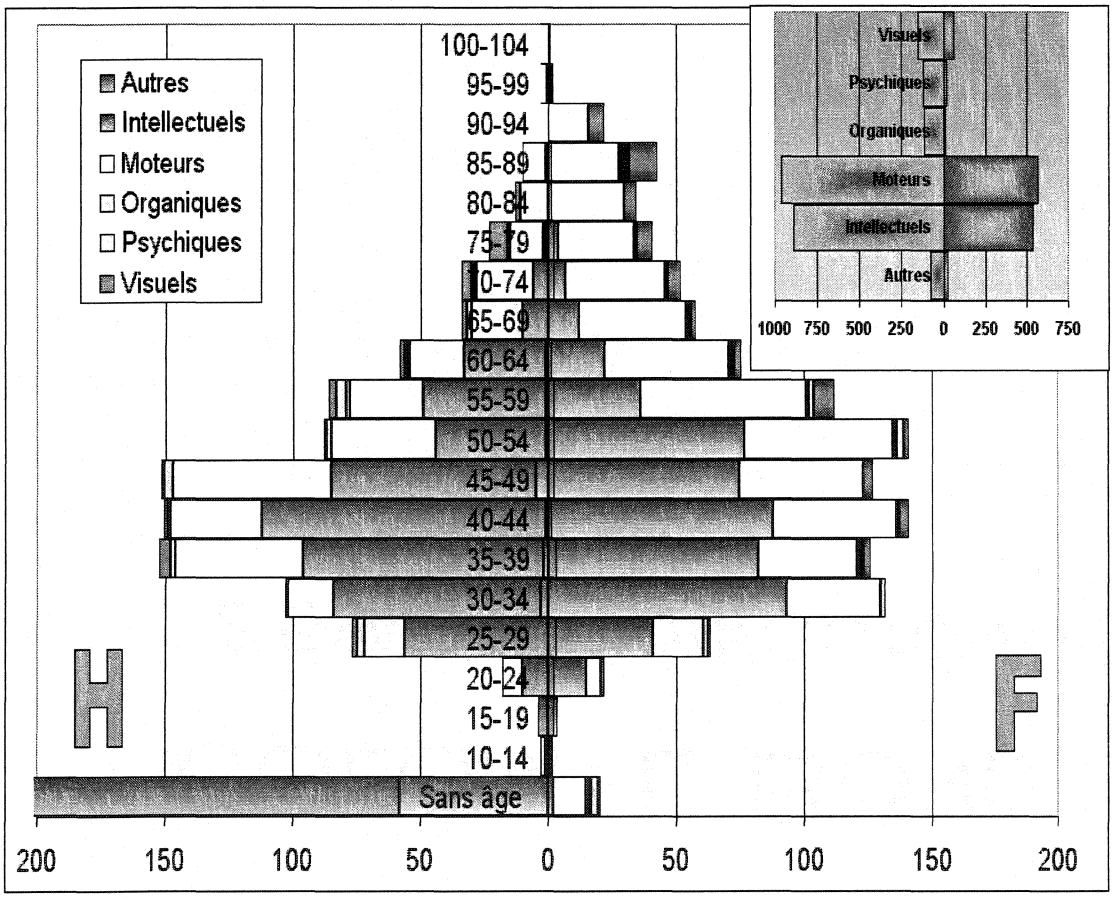


Figure 4.14 Distribution par âge et par type des handicapés

Le tableau suivant montre la distribution par genre selon la municipalité de domicile des clients mobiles pendant la semaine d'étude.

Tableau 4.3. Distribution par genre selon municipalité

Municipalité	Hommes	%H	Total	%GT
ANJOU	51	62%	82	2%
BAIE D'URFE	1	100%	1	0,03%
BEACONSFIELD	29	60%	48	1,40%
COTE-SAINT-LUC	38	68%	56	1,60%
DOLLARD-DES-ORMEAUX	70	76%	92	2,60%
DORVAL	44	72%	61	1,70%
HAMPSTEAD	2	100%	2	0,10%
KIRKLAND	17	71%	24	0,70%
LACHINE	45	68%	66	1,90%
LASALLE	120	72%	166	4,70%
LAVAL	2	40%	5	0,10%
MONTREAL: AHUNTSIC	43	42%	102	2,90%
MONTREAL: CENTRE-VILLE	13	48%	27	0,80%
MONTREAL: COTE-DES-NEIGES	50	45%	111	3,10%
MONTREAL: MERCIER	62	47%	133	3,70%
MONTREAL: NOTRE-DAME-DE-GRACE	25	34%	73	2,10%
MONTREAL: PLATEAU MONT-ROYAL	30	37%	82	2,30%
MONTREAL: POINTE-AUX-TREMBLES	93	63%	148	4,20%
MONTREAL: RIVIERE-DES-PRAIRIES	125	68%	184	5,20%
MONTREAL: ROSEMONT	48	44%	109	3,10%
MONTREAL: SAINT-MICHEL	13	37%	35	1,00%
MONTREAL: SUD-EST	37	42%	89	2,50%
MONTREAL: SUD-OUEST	36	38%	95	2,70%
MONTREAL: VILLERAY	74	47%	158	4,50%
VILLE	714	88%	816	23,00%
MONTREAL-EST	11	61%	18	0,50%
MONTREAL-NORD	139	72%	192	5,40%
MONTREAL-OUEST	4	80%	5	0,10%
MONT-ROYAL	11	69%	16	0,50%
OUTREMONT	10	67%	15	0,40%
PIERREFONDS	56	61%	92	2,60%
POINTE-CLAIRE	39	53%	73	2,10%
ROXBORO	9	82%	11	0,30%
SAINTE-ANNE-DE-BELLEVUE	3	60%	5	0,10%
SAINTE-GENEVIEVE	7	78%	9	0,30%
SAINT-LAURENT	90	69%	131	3,70%
SAINT-LEONARD	84	74%	114	3,20%
SAINT-PIERRE	3	38%	8	0,20%
SAINT-RAPHAEL-DE-L'ILE-BIZARD	11	79%	14	0,40%
VERDUN	41	63%	65	1,80%
WESTMOUNT	10	71%	14	0,40%

Le graphique suivant présente la distribution selon l'âge et le sexe par région. La figure montre que 35% des handicapés qui habitent la CUMCENTRE sont du sexe féminin.

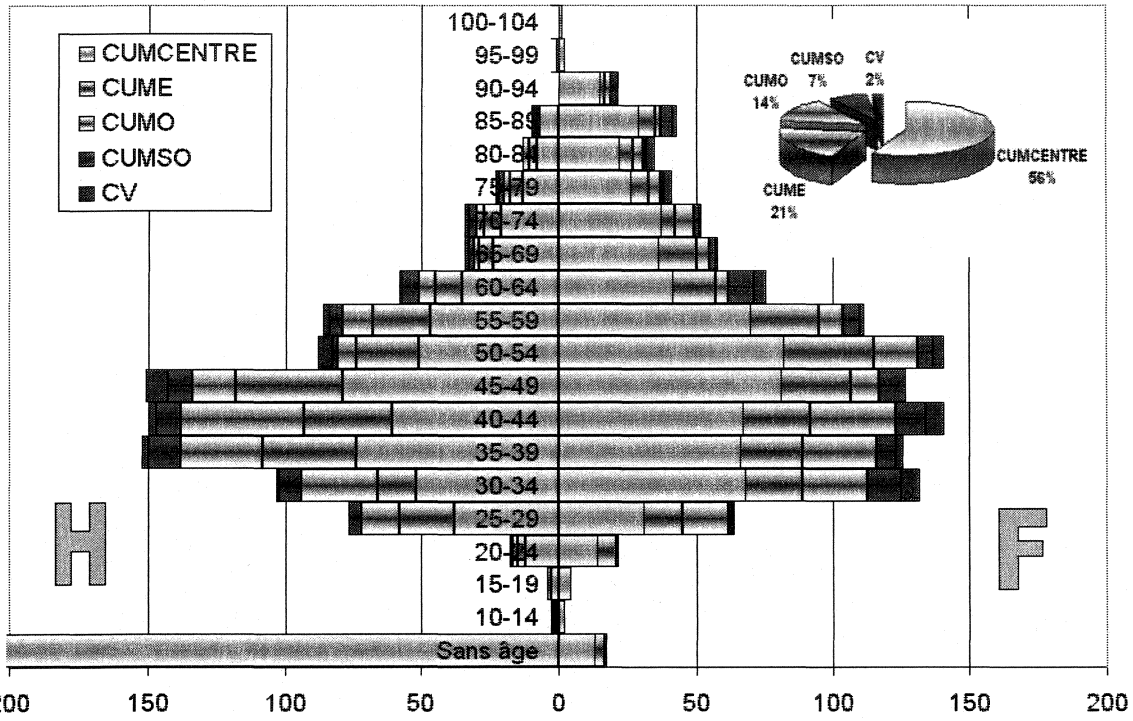


Figure 4.17 Pyramide d'âge selon le sexe et la région

Classification selon la langue parlée

Le tableau suivant et la figure 4.18 présentent la distribution spatiale de la clientèle du transport adapté selon la langue parlée. La clientèle est francophone à 87,4% et 51,1% de la clientèle anglophone habite dans la région CUMCENTRE.

Tableau 4.4 Distribution spatiale de la clientèle selon la langue parlée

Région	Anglais	Français	Total
CUMCENTRE	226	1771	1997
CUME	16	722	738
CUMO	156	340	496
CUMSO	37	207	244
CV	6	61	67
LAVAL	1	4	5
Total	442	3105	3547

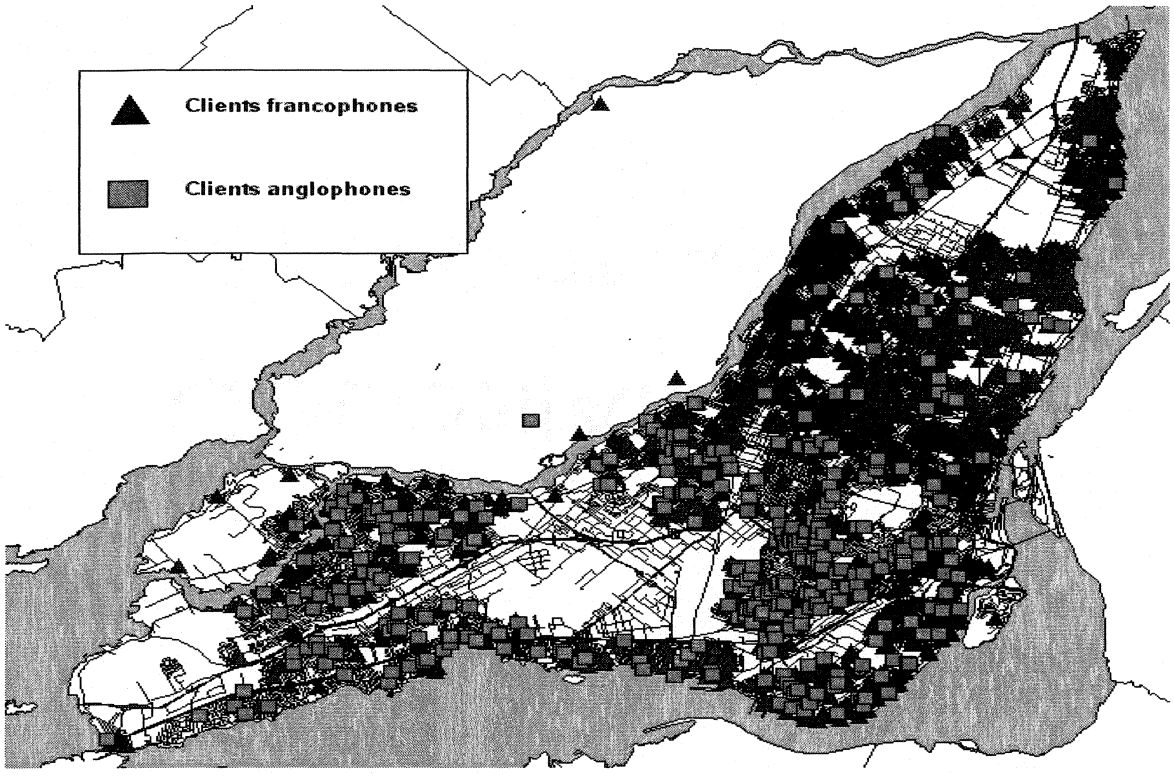


Figure 4.18 Localisation de la clientèle francophone et anglophone

Code EAFT

Le code EAFT identifie la nature du service à offrir au client: l'accompagnement par une escorte (E), la capacité d'être ambulant (A), l'utilisation d'un fauteuil roulant ou non (F) et la possibilité de se déplacer en taxi (T). Le tableau et la

figure suivants illustrent le nombre de clients mobiles selon le type de handicap pour chaque élément du code EAFT.

Tableau 4.5 Nombre de clients selon handicap par code EAFT

Handicap	Escorte	Ambulant	Fauteuil	Taxi
Autres	0	20	0	20
Intellectuel	28	1305	126	1317
Moteur	158	743	859	847
Organique	16	112	14	112
Psychique	9	118	16	117
Visuel	5	205	8	208
Total	216	2503	1023	2621

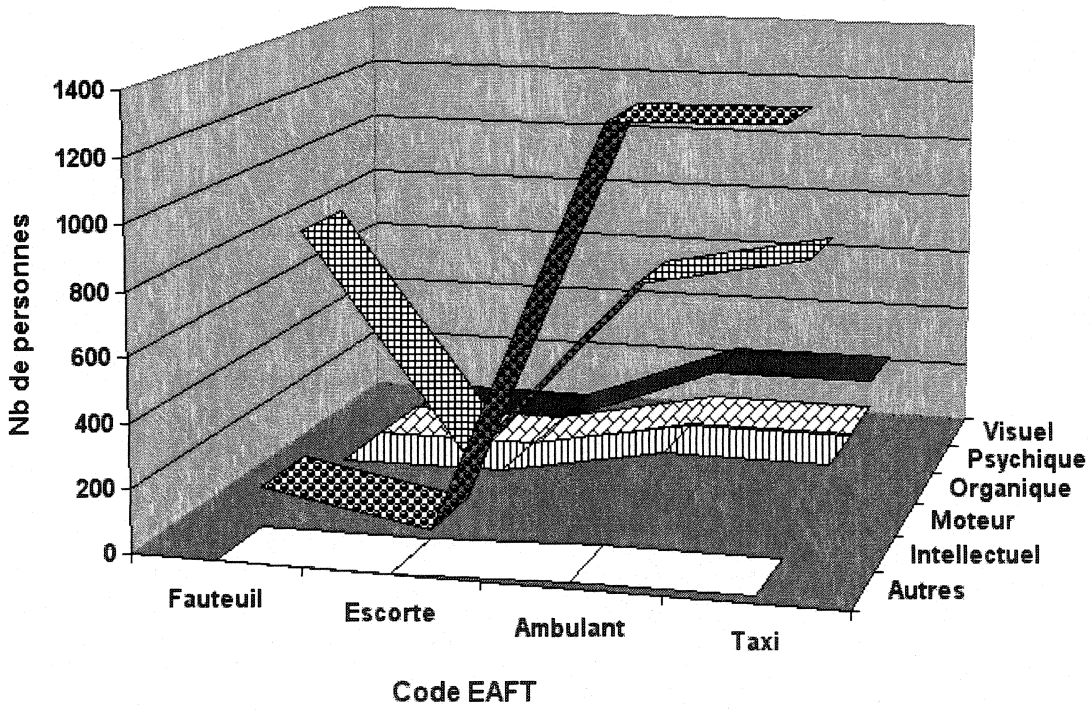


Figure 4.19 Nombre de clients selon handicap par élément du code EAFT

Classification de la clientèle selon le motif du déplacement

Les bases de données présentent l'information des motifs de chaque déplacement divisés en quatre catégories : Autres, études, magasinages et travail. La propriété «Motif» est un attribut qui peut être dérivé en analysant l'information disponible des déplacements effectués pour chaque client. Les motifs des déplacements sont déclarés dans la base de données (champ «purpose»). En conséquence, la dérivation de l'attribut «Statut» s'avère très facile à déduire. Cette propriété permet de dégager une particularité de plus dans les comportements des usagers. La figure 4.20 représente la distribution par âge des handicapés selon le motif déclaré.

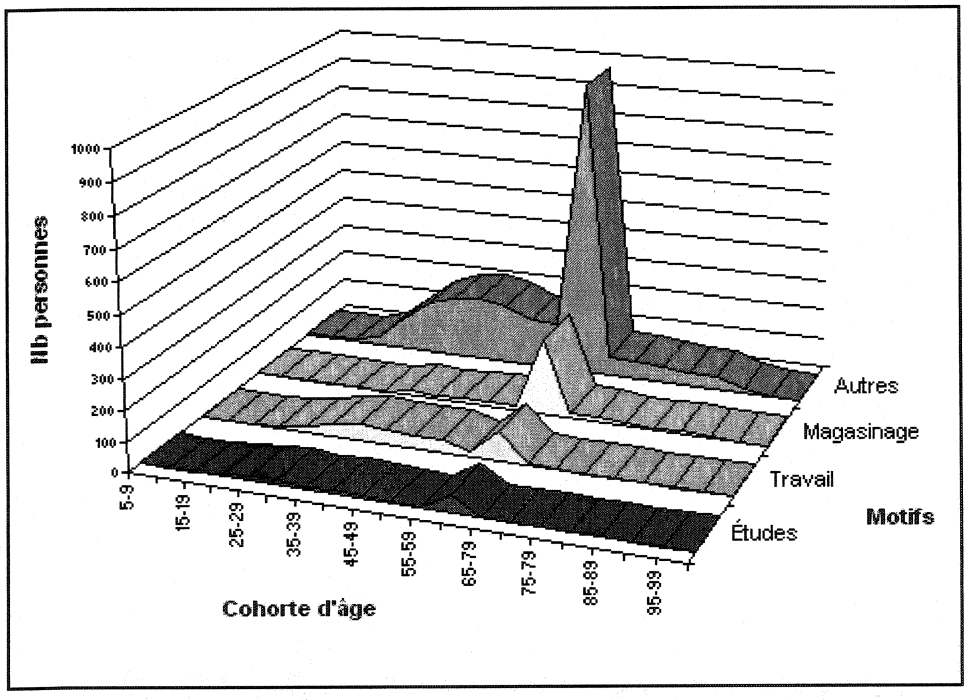


Figure 4.20 Courbes démographiques selon le motif du déplacement

On observe dans la distribution de la clientèle selon le motif déclaré, que le motif «Autres» constitue 74% de la totalité des motifs. Le motif «Santé», raison la plus importante de la majorité des déplacements effectués par les usagers du TA, est incluse dans cette catégorie. Une analyse approfondie des lieux plus fréquentés par la clientèle permettra de mieux définir la catégorie « autres » qu'englobent

les déplacements pour le loisir, pour visiter un établissement de santé ou pour un autre motif.

Les déplacements pour motif « études » représentent 4% du total des déplacements réalisés dans une semaine. Ce phénomène s'explique par le fait qu'une petite proportion de la clientèle est jeune ou par le fait que fréquemment les jeunes handicapés sont transportés par leurs parents ou par le transport scolaire conventionnel.

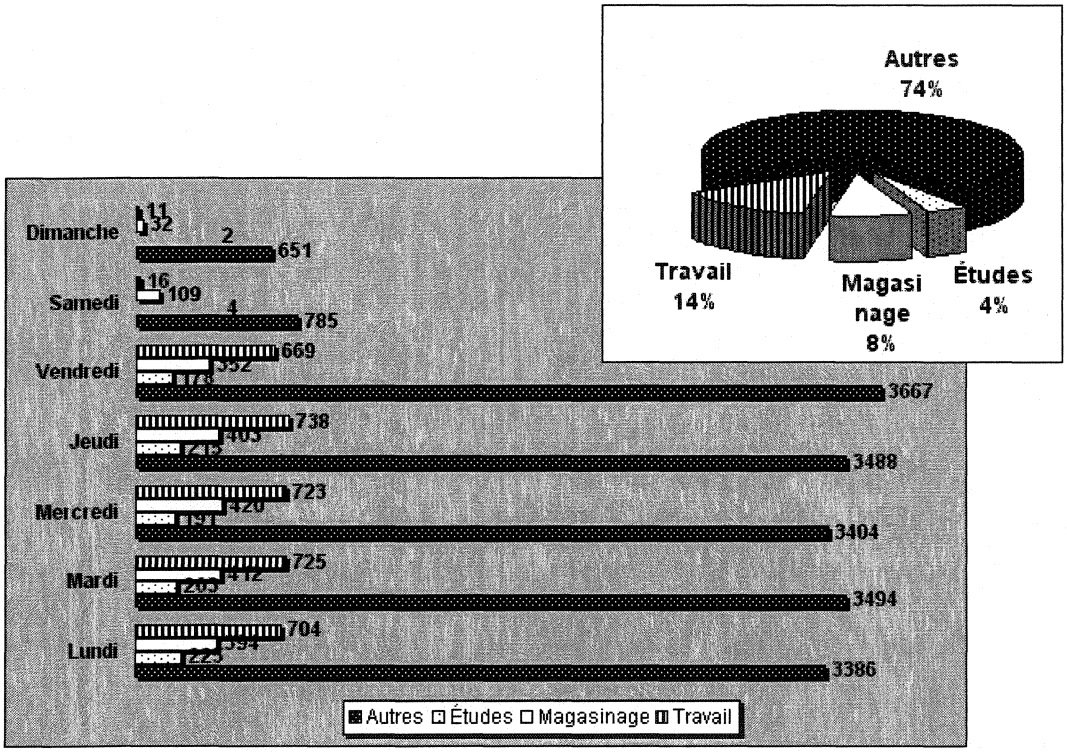


Figure 4.21 Distribution de déplacements selon motif

En regardant la fréquence des visites, les jours des déplacements, les heures d'utilisation du service et le type du lieu de destination, la dérivation du motif probable est déduit. Ainsi, la création d'un algorithme de dérivation du statut des usagers, tenant compte du lieu de destination déclaré et du motif du déplacement dérivé, a un résultat plus significatif que la classification du statut

selon le motif déclaré (PURPOSE) dans la base de données. Pour dégager le motif «Santé», on a du créer une base de données des lieux liés au motif santé comme les centres d'accueil, les hôpitaux, les CHLSD, les CLSC (approximativement 70 établissements). La déclaration des adresses ou du nom de l'établissement pour les lieux de destinations dans presque la totalité des déplacements et l'utilisation de l'Internet ont facilité la tâche de classification des destinations (générateurs) selon ce qui est décrit en 4.2.1.3. L'association du motif «Santé» aux déplacements qui ont une destination vers un de ces lieux se fait de façon automatique.

Une fois créé le champ des lieux de destinations dans la base de données des déplacements, l'assignation d'un motif pour chaque déplacement est faite selon les critères suivants :

-Santé : pour les déplacements dont la destination est un hôpital, un CHLSD, un CLSC ou un centre d'accueil.

-Travail : pour les déplacements dont la destination est un lieu de travail.
-Études : pour les déplacements dont la destination est un école ou une université.
-Autre : pour les déplacements dont la destination est un centre de réadaptation, un centre de jour, un atelier, un lieu de loisirs (cinéma, musée, etc.), un lieu de service (banque, église, etc.), un centre d'achats, etc.

Avec les motifs dérivés, la déduction d'un statut se réalise en considérant les critères pour les statuts suivants :

-Malade : Si l'individu fait 3 déplacements ou plus pendant la semaine d'étude avec un motif de santé où 25% des déplacements ont un motif santé.

-Travailleur : Si les déplacements avec un motif de travail sont de 3 ou plus pendant la semaine et si le nombre des déplacements avec un motif de travail est supérieur à ceux-là avec un motif santé ou études.

-Étudiant : Si les déplacements avec un motif d'études sont de 3 ou plus pendant la semaine et si le nombre des déplacements avec un motif d'études est supérieur à ceux-là avec un motif santé ou travail.

-Autre : aucun des trois autres statuts.

L'analyse de ce nouvel attribut à partir de l'information sur les lieux de destination nous montre que les personnes malades représentent 13% de toute la population mobile des handicapés, et qu'il y a aussi une bonne proportion des handicapés (19%) qui se servent du service de transport adapté pour s'intégrer au marché du travail. La figure 4.22 présente la distribution par âge et par sexe des statuts dérivés.

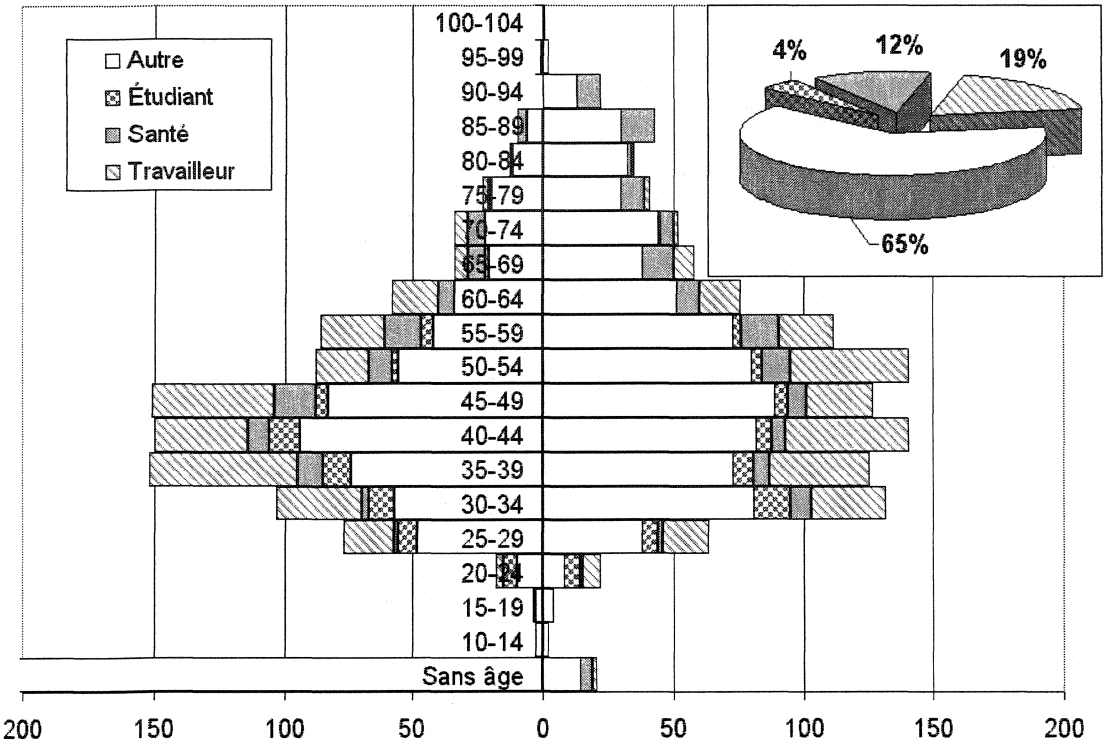


Figure 4.22 Pyramide d'âge selon statut

4.3.1.2 Comment se déplacent les usagers?

Le concept de choix modal comme tel n'existe pas dans les services de transport adapté. La répartition des déplacements dans un type de véhicule ou autre se fait en considérant le code EAFT du client et selon la disponibilité des véhicules dans le garage. Les minibus sont chargés des déplacements réguliers des usagers qui peuvent se déplacer en minibus et des déplacements occasionnels des usagers qui ont l'impossibilité d'utiliser le taxi. Les figures suivantes présentent le pourcentage d'utilisation de chaque type de véhicule selon l'âge et le handicap.

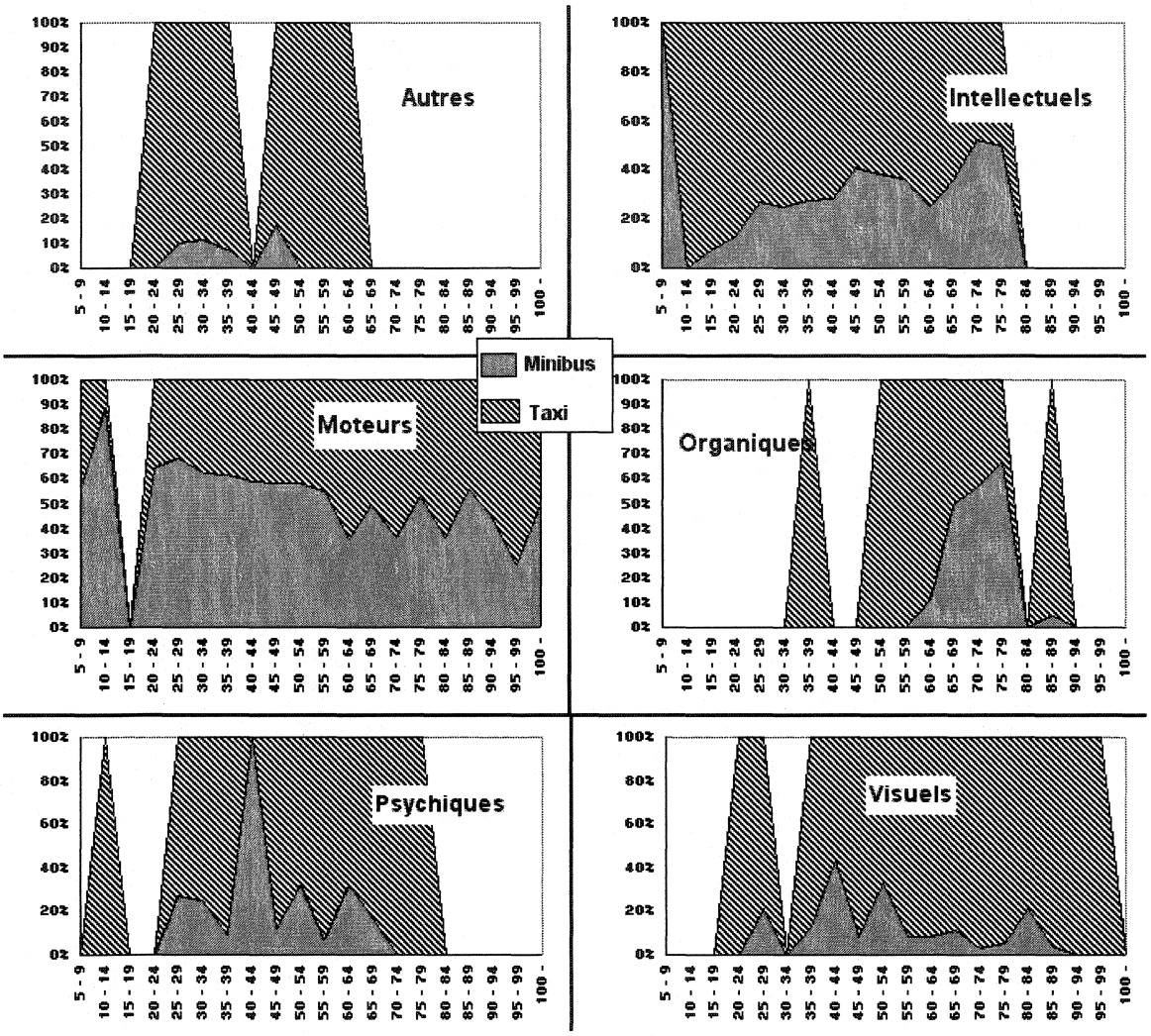


Figure 4.22 Pourcentage d'utilisation des minibus et taxis par handicap

Taux de déplacements

Un déplacement tel que défini dans le chapitre 3 de notre étude est identifié par une paire origine - destination. Dans le calcul des taux des déplacements, tous les déplacements sont considérés; les déplacements pour effectuer une activité quelconque ou les retours aux domiciles. La représentation des taux de déplacements hebdomadaires effectués par la clientèle du transport adapté selon une cohorte d'âge déterminé ou selon le type de handicap nous permettra

de définir des relations qui aideront à estimer les déplacements en fonction de l'âge ou du handicap. Les courbes représentées dans la figure 4.24 nous confirment la loi qui s'applique à tous les humains : la mobilité diminue avec la vieillesse.

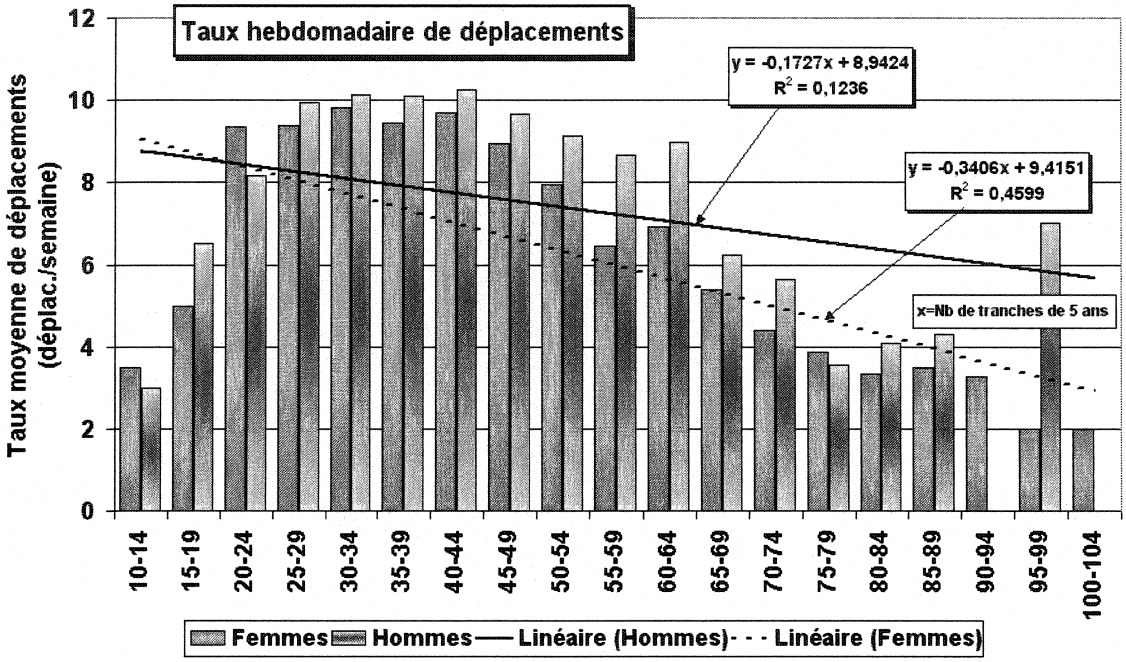


Figure 4.24 Taux hebdomadaire moyen de déplacements selon la cohorte d'âge

Les handicapés les plus mobiles sont les «Intellectuels» avec un taux moyen de déplacements de 10,2 déplacements par semaine. Par contre les handicapés «Visuels» ont le plus bas taux moyen de déplacements égal à 4,4 déplacements par semaine. En observant les chiffres dans une perspective spatiale, la région «CUMOUEST» détient le plus haut taux de déplacements pour le territoire desservi par la STM avec 8,8 déplacements/semaine et la région «CENTRE-VILLE» a le plus bas taux avec 5,7 déplacements/semaine. Cette situation s'explique parce que l'agglomération des services dans la zone centrale de la ville fait que les usagers du centre ville se déplacent moins en transport adapté que les usagers de l'ouest de la ville. Les figures 4.25 et 4.26 présentent les taux de déplacements selon l'handicap et par région.

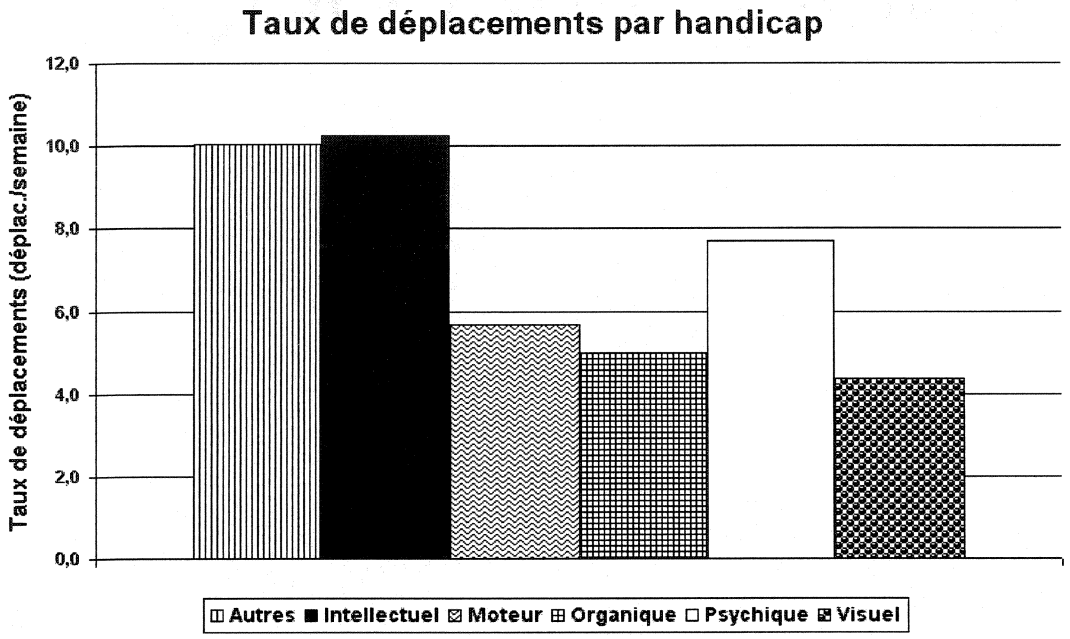


Figure 4.25 Taux de déplacements selon handicap

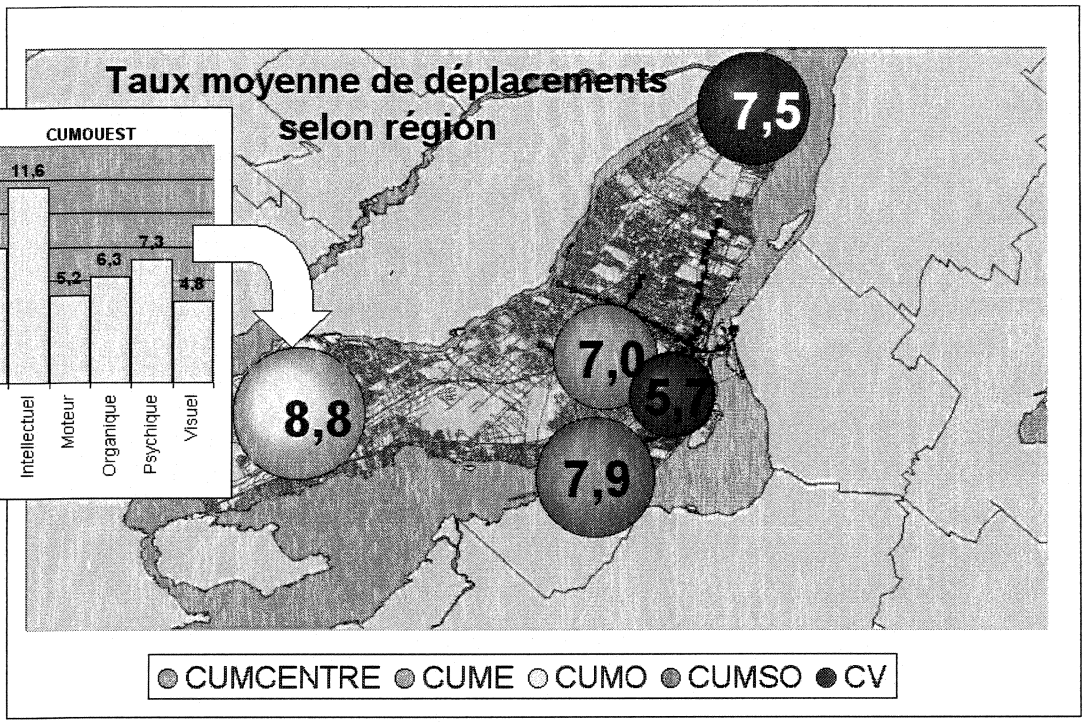


Figure 4.26 Taux de déplacements par région

La mobilité des usagers avec un handicap Intellectuel ou Moteur est beaucoup plus représentative que la mobilité des autres. Les handicapés intellectuels font en moyen 57% des déplacements d'une journée, comparativement à 33% pour les moteurs. Les fins de semaines, les moteurs font plus de déplacements que les autres en effectuant 44% des déplacements. Les handicapés «Organiques» sont les moins mobiles avec 2% des déplacements totaux.

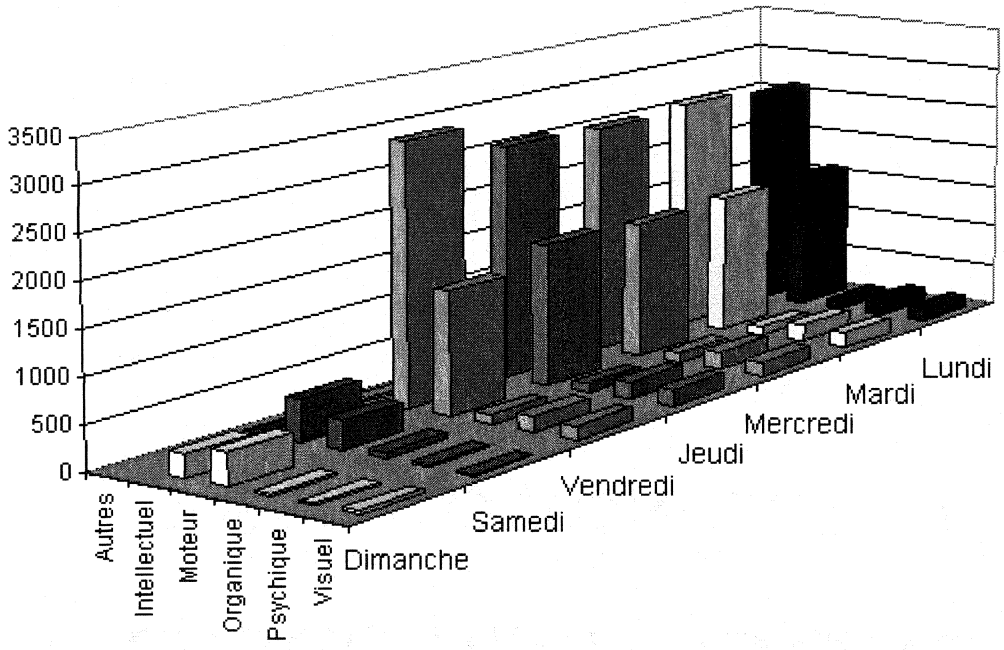


Figure 4.27 Distribution du nombre de déplacements selon le type de handicap

4.3.1.3 Où se déplacent les clients?

La détermination des lieux fréquentés par les usagers du transport adapté est essentielle pour adapter l'offre des services à dédier à la clientèle. L'identification des zones les plus achalandées, des horaires de fonctionnement des générateurs et la quantification de la demande des déplacements attirés par chacun des lieux sont les principales données qu'on peut trouver dans les bases de données fournies. L'examen des différents types de générateurs qui sont

reliés aux activités de la clientèle handicapée nous permettra de connaître l'utilisation du territoire par les usagers.

La classification effectuée sur le motif du déplacement nous permet de dériver les catégories des générateurs. L'analyse totalement désagrégée réalisée pour dériver le motif du déplacement et le statut de la clientèle nous a permis de classifier les générateurs en quatre différentes catégories (Domicile, Santé, Activité et Autres).

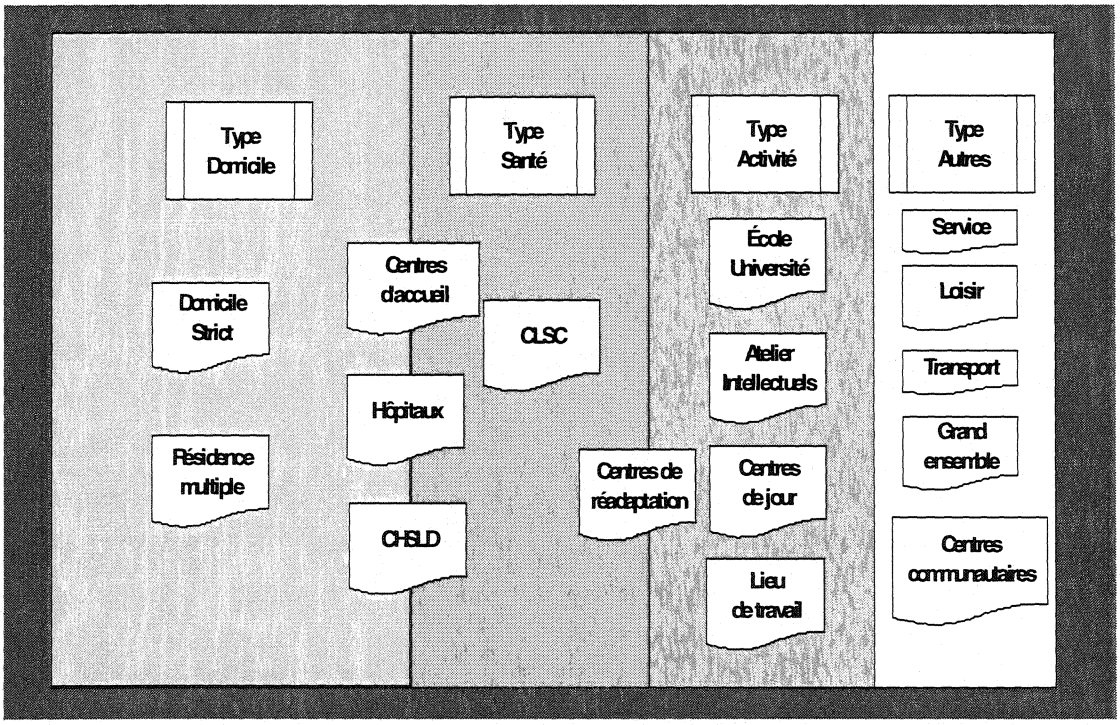


Figure 4.28 Types de générateurs

La catégorie «Activité» qui rassemble les générateurs école/université, les ateliers intellectuels, les centres de jour, le lieu de travail et les centres de réadaptation, génèrent 33% de la totalité des déplacements (25079) réalisés pendant la semaine d'étude. La catégorie «Domicile» regroupe tous les déplacements effectués pour le retour au domicile (12172 déplacements). Les figures 4.28 et 4.29 présentent respectivement la classification et l'inventaire des

types de générateurs. Les destinations révèlent 3054 lieux différents, incluant les domiciles.



Figure 4.29 Géolocalisation des 701 générateurs autres que domiciles et non-définis



Figure 4.30 Localisation des générateurs au centre-ville

Une grande partie des générateurs (70%) sont des lieux de domicile de la clientèle et seulement 8% des générateurs n'ont pu être classifiés. Les lieux de loisir et de travail forment les 13% et 5% respectivement.

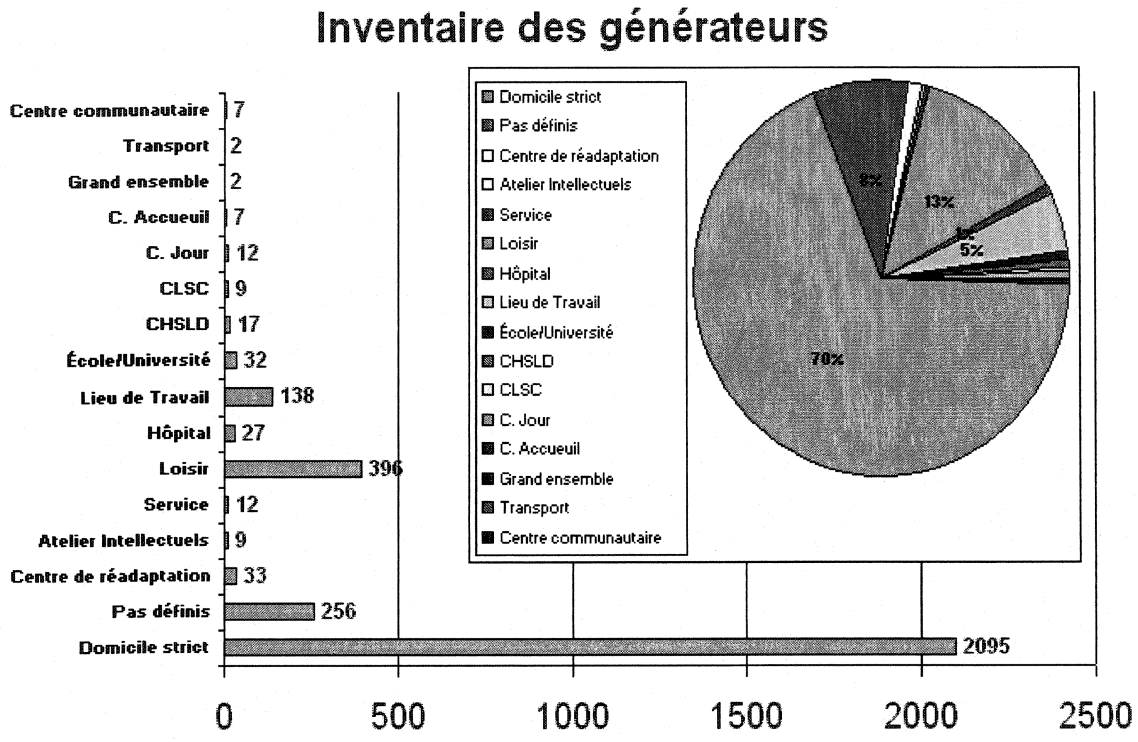


Figure 4.31 Inventaire des générateurs

La géo-localisation des zones de concentration des générateurs ainsi que des lieux de résidence des usagers les plus mobiles demeure un outil très précieux pour déterminer l'offre de transport. La localisation des 100 plus importants générateurs est présentée à la figure suivante.

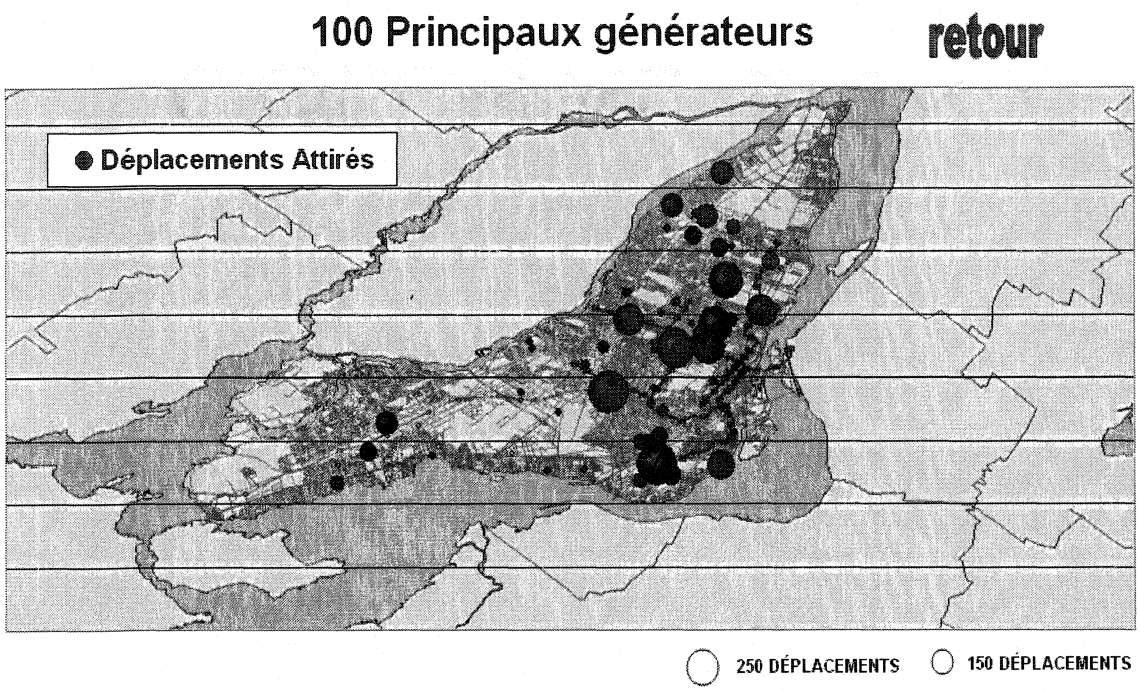


Figure 4.32 Spatialisation des 100 plus importants générateurs

L'observation du générateur principal (Fondation Miriam) situé dans le secteur 20 (Mont royal) de la CUMCENTRE, nous permet de connaître le nombre de déplacements attirés, la répartition modale et les caractéristiques des usagers qui visitent cet endroit (type de handicap, langue parlée, sexe, etc.). En ce sens, ce générateur attire 265 déplacements pendant la semaine d'étude, dont 59% des déplacements sont fait en minibus, 73% de la clientèle est de genre féminin, 67% sont francophones et 76% ont un handicap de type intellectuel. L'activité produite par un générateur (arrivée et départ de clients à certaines heures) est une autre information qui sort de la base de données et qui aide énormément à ajuster l'offre des services en conséquence. Les figures 4.33 et 4.34 illustrent l'information dégagée de la base de données.

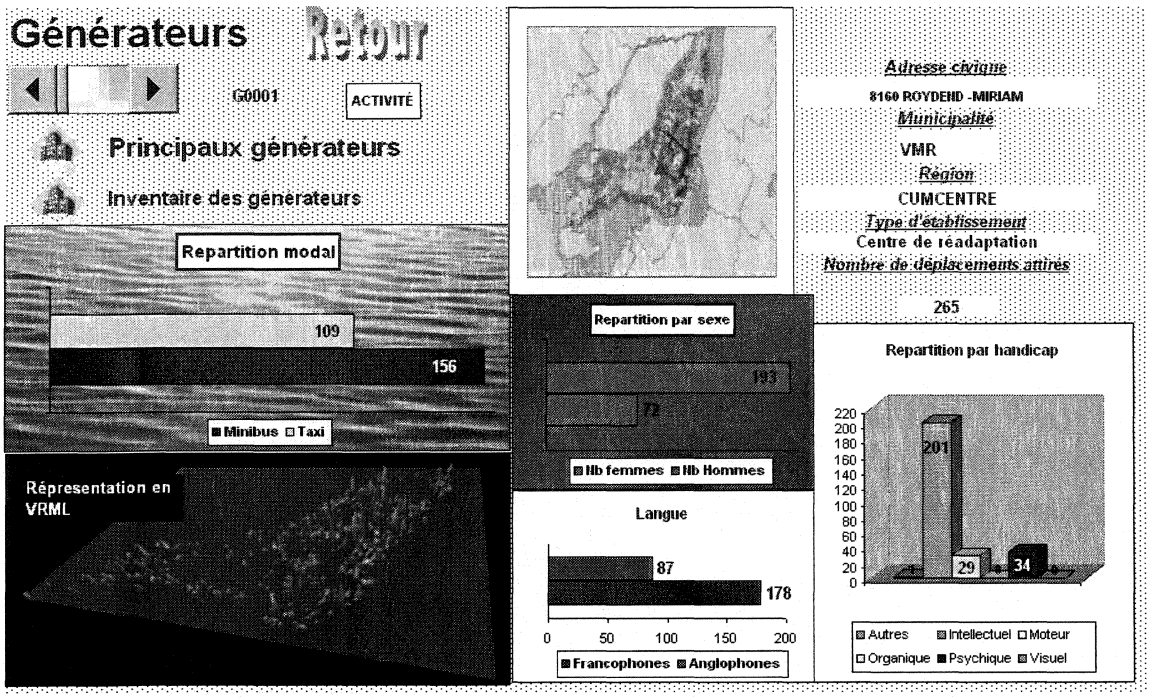


Figure 4.33 Visualisation de l'information du centre de réadaptation MIRIAM

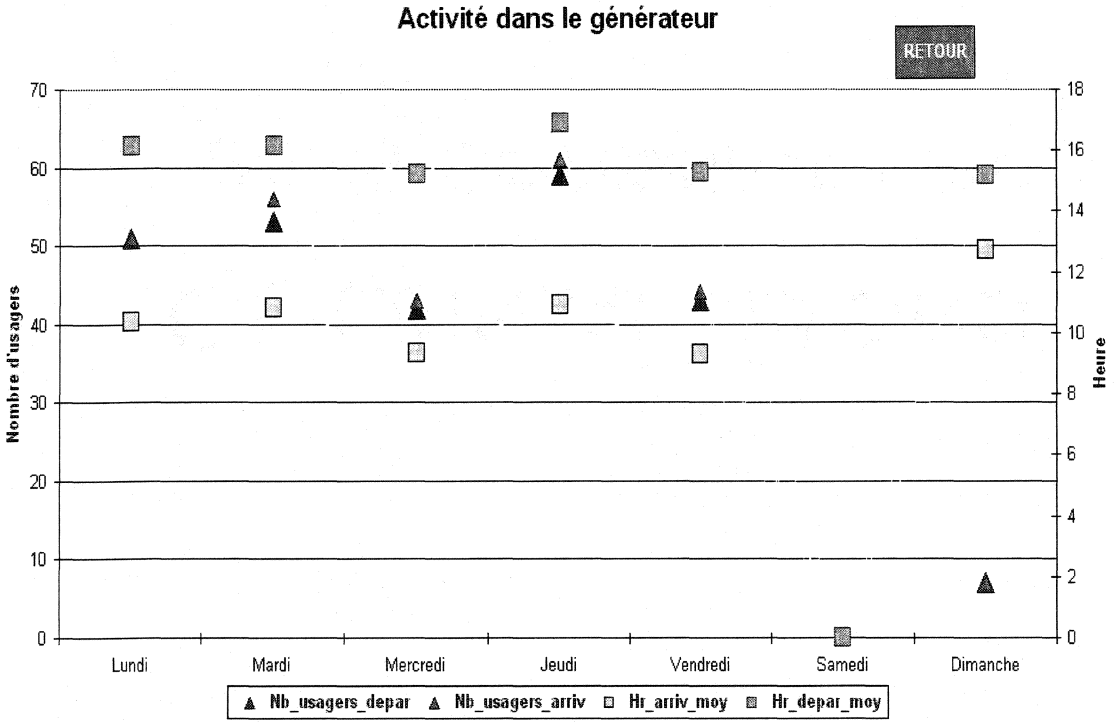


Figure 4.34 Activité dans le centre de réadaptation MIRIAM pendant la semaine d'étude

L'analyse de chaque lieu nous permettra de sortir l'information de la clientèle attirée et par conséquence, des mesures logistiques telles que la prévision du type de minibus à utiliser (nombre d'ambulants ou nombre de fauteuils) pour servir la clientèle de chaque générateur et épargner du temps lors de l'embarquement des usagers. L'information du nombre de tournées de minibus et taxi assignées pour réaliser le transport de la clientèle dans un générateur nous donne un indicateur très important de l'utilisation qui se fait des ressources. Dans le cas du générateur «Fondation MIRIAM» par exemple, les bases de données nous permettent de calculer le taux d'occupation moyen des minibus (8,25 personnes/tournée), ce qui montre une basse utilisation de la ressource minibus qui a un taux d'occupation maximal de 16 clients par tournées et parfois jusqu'à 18 clients.

Les 138 lieux de travail identifiés sont répartis sur le territoire et sont illustrés dans la figure 4.33. 75% des usagers qui se destinent à ces endroits ont une incapacité intellectuelle et 21% sont de handicapés moteurs.

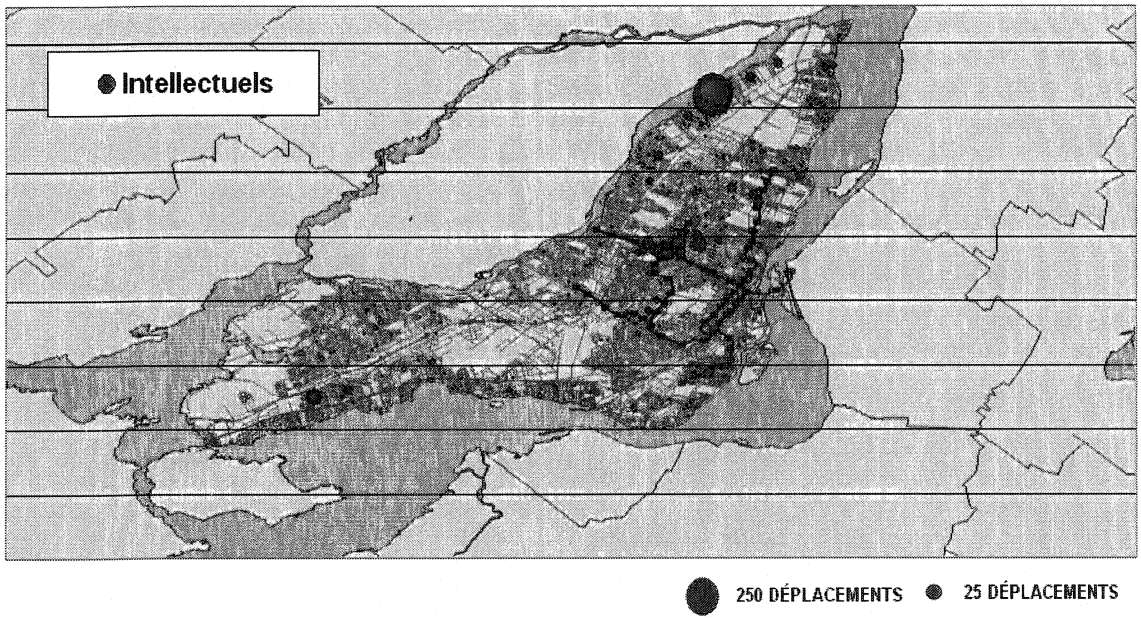


Figure 4.35 Spatialisation des lieux de travail et nombre de déplacements attirés pour «Intellectuels»

L'analyse détaillée des générateurs plus importants nous permet d'observer, comme dans le cas de la «Maison de la culture Rivière-des-Prairies», qui est située à l'extrémité nord-est de l'île de Montréal et qui rassemble 142 personnes le vendredi, que 63% des clients proviennent de la région Est de l'île et 35% du centre de l'île, mais que 2% traversent tout la ville pour se rendre dans cet endroit.

La coordination au niveau des différents organismes (santé, centres d'adaptation) est essentielle pour arriver à diminuer les déplacements inutiles vers des institutions très éloignées du domicile des clients. La figure 4.36 présente la distribution par handicap et par origine des clients qui se rendent dans ce centre de loisir et culture.

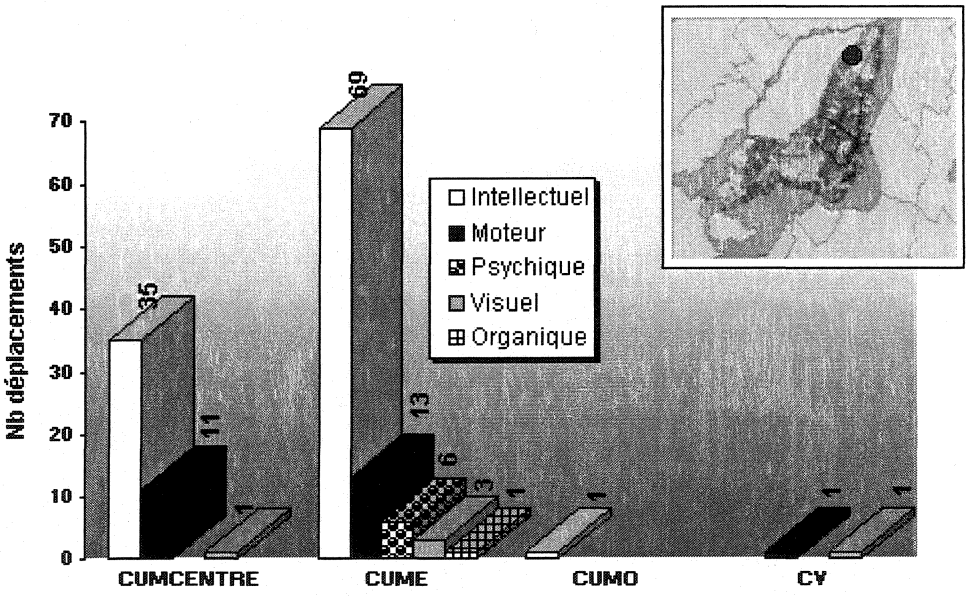


Figure 4.36 Distribution des handicapés par région d'origine dans la «Maison de la culture Rivière-des-Prairies»

54% des déplacements ont été effectués en minibus et 55% des déplacements réalisés en taxi ont eu comme origine la région est de l'île.

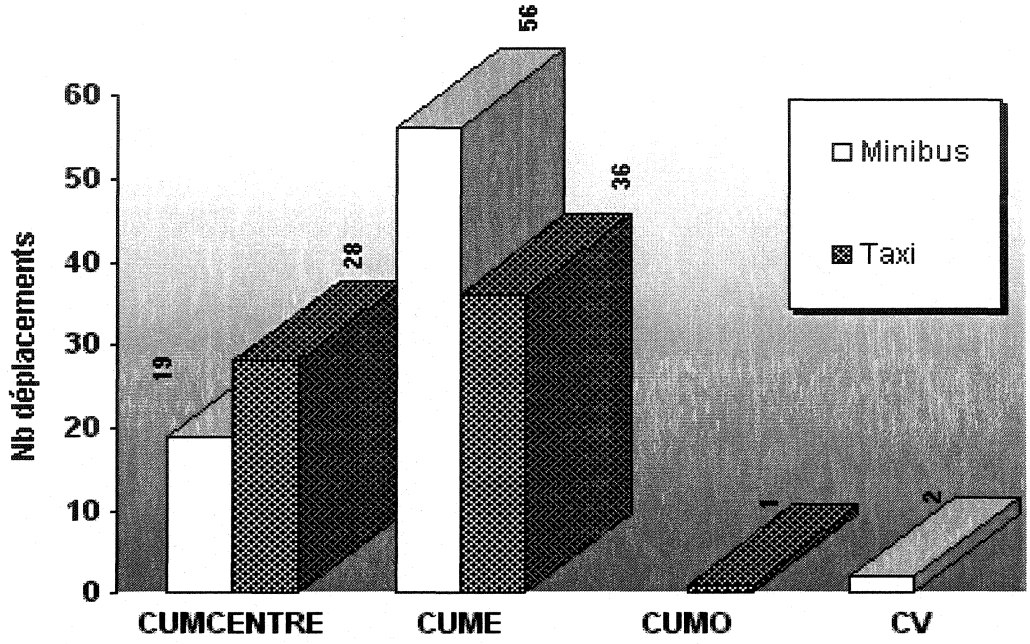


Figure 4.37 Répartition modale pour la «Maison de la culture Rivière-des-Prairies».

4.3.1.4 La dimension temporelle de la demande

La clientèle du transport adapté suit des patrons de déplacements similaires aux patrons de l'Amérique du Nord, mais elle est aussi beaucoup influencée par les horaires d'ouverture et de fermeture des établissements fréquentés. On met en évidence une distribution horaire des déplacements ajustée aux journées des autres. Le graphique suivant nous montre clairement les variations de la demande pendant la journée et illustre les heures de pointe pour une journée type de la semaine.

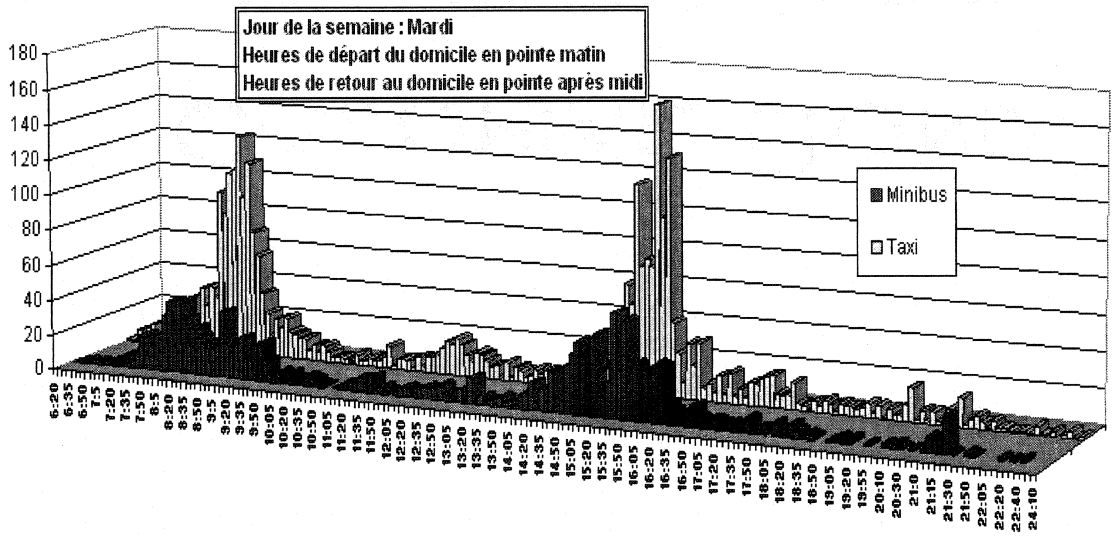
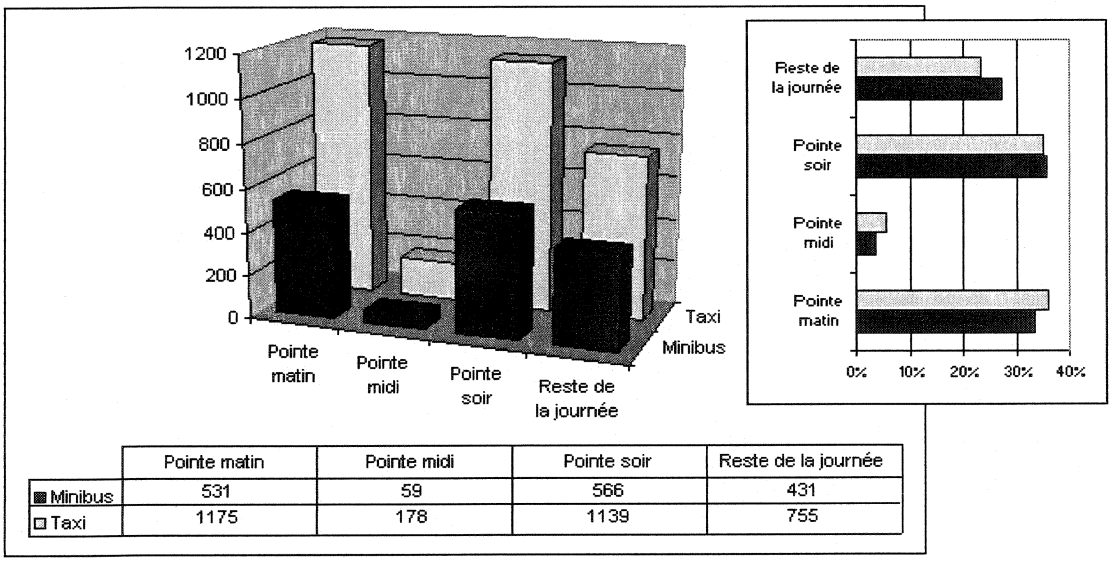


Figure 4.38 Distribution horaire (5 minutes) des déplacements en minibus et en taxi

La mobilité des usagers pendant la semaine demeure constante et présente la distribution suivante: les pointes du matin et d'après midi du lundi au jeudi représentent chacune 35% des déplacements journaliers, et la pointe du midi approximativement 6%.



	Pointe matin	Pointe midi	Pointe soir	Reste de la journée
Minibus	531	59	566	431
Taxi	1175	178	1139	755

Figure 4.39 Distribution des déplacements selon la période de la journée pendant un jour type.

La moyenne des déplacements réalisés pendant la semaine d'étude est de 4694 déplacements/jour (19% du total des déplacements) et de 805 déplacements/jour pour la fin de semaine. 7% des déplacements totaux sont réalisés la fin de semaine et la demande totale de la semaine est de 23 469 déplacements. Le tableau 4.6 présente les données opérationnelles pendant les 7 jours d'étude.

Tableau 4.6 Données opérationnelles dans la semaine d'étude

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Total semaine	Moyenne semaine	Samedi	Dimanche	Total WE	Moyenne WE
Nombre de déplacements	4601	4727	4636	4734	4771	23469	4694	914	696	1610	805
								57%	43%	100%	50%
Nombre de clients transportés	2235	2263	2259	2276	2085	11118	2224	459	360	819	410
								56%	44%	100%	50%
Nombre de tournées - Minibus	127	139	130	134	140	670	134	37	32	69	35
								54%	46%	100%	50%
Charge moyenne - Minibus	2.8	2.7	2.6	2.6	2.7		2.7	1.8	0.9		1.4
Charge maximale - Minibus	17	16	16	16	16		16.2	7	12		9.5
Nombre de courses - Taxi	1041	1046	1020	1047	1012	5166	1033	292	238	530	265
	196%	197%	192%	198%	191%	975%	195%	55%	45%	100%	50%
Charge moyenne - Taxi	1.5	1.6	1.5	1.6	1.5		1.5	1.3	1.3		1.3
Charge maximale - Taxi	2.4	2.5	2.5	2.5	2.4		2.4	1.9	1.7		1.8

4.4 Caractérisation du niveau de service

4.4.1 L'analyse de l'offre

Le concept le plus important à définir dans l'analyse de l'offre est la tournée. Une tournée est définie par une séquence d'arrêts qui se font entre la sortie et la rentrée du véhicule au garage. Pendant son parcours le véhicule embarque et débarque un nombre de passagers (charge), roule à une vitesse moyenne et couvre une distance déterminée, le tout dans un temps (une durée) donné. La base de données du service offert pendant la semaine d'étude nous permet de distinguer les tournées en minibus des courses de taxi. La figure 4.41 expose les déplacements et le nombre de tournées effectués selon le mode (minibus ou taxi) pour chaque jour de la semaine.

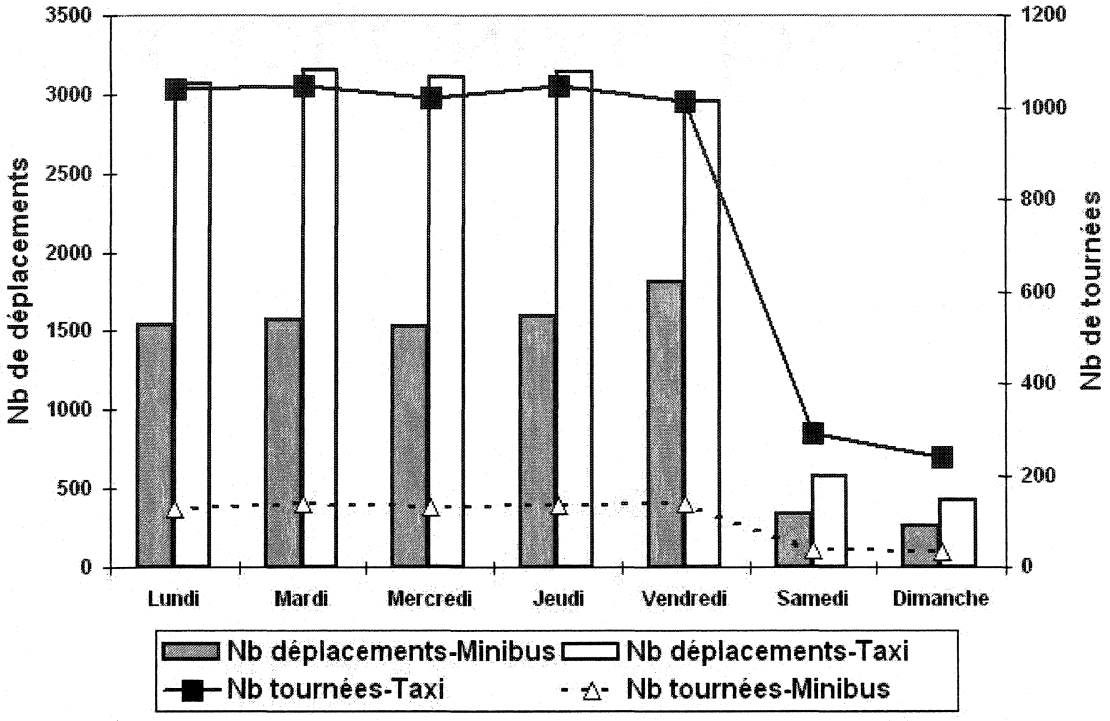


Figure 4.40 Nombre de tournées et de déplacements effectués selon le mode

4.4.2 Les ressources disponibles

Il y a deux types de véhicules utilisés par les organismes de transport adapté, les minibus et les taxis. Les minibus ont une capacité de 9 à 16 passagers, les taxis peuvent déplacer 3 clients ambulants ou 3 passagers en fauteuil roulant, selon le type de taxi utilisé (conventionnel ou adapté). Les minibus appartiennent aux Organismes de transport adapté (OTA). En conséquence, ces derniers sont responsables de l'opération, de la maintenance et du remplacement des équipements. Les taxis sont sous-traités pour faciliter la gestion de la croissante demande du service pendant les heures de pointe. Les sociétés de transport public, comme la STM, STL et RTL, ont approximativement 80, 11 et 12 minibus respectivement, pour servir une partie des usagers du transport adapté.

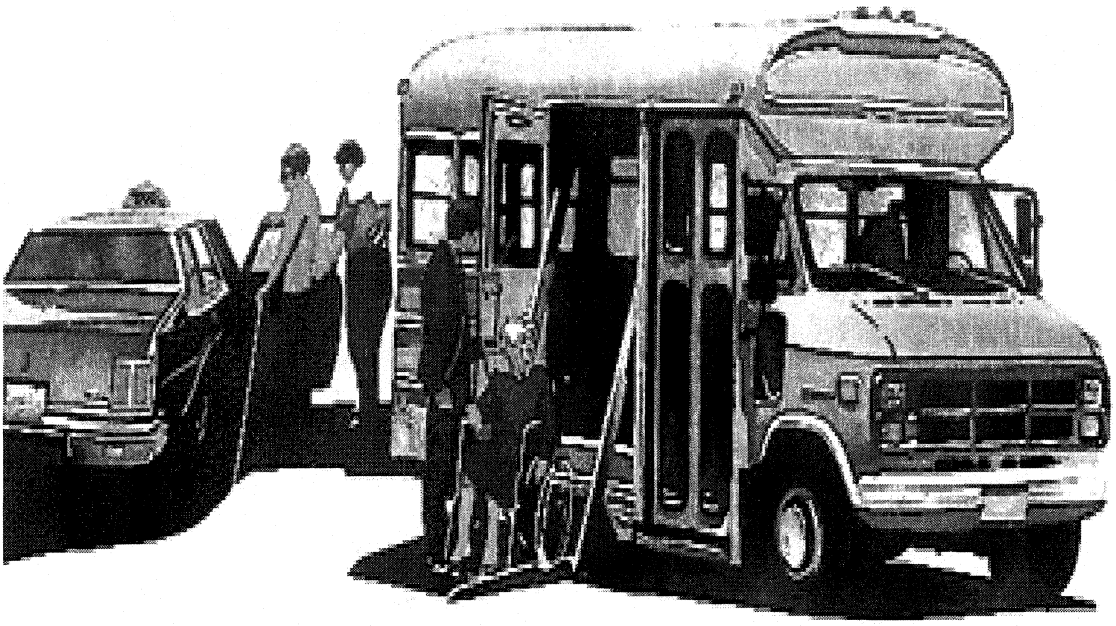
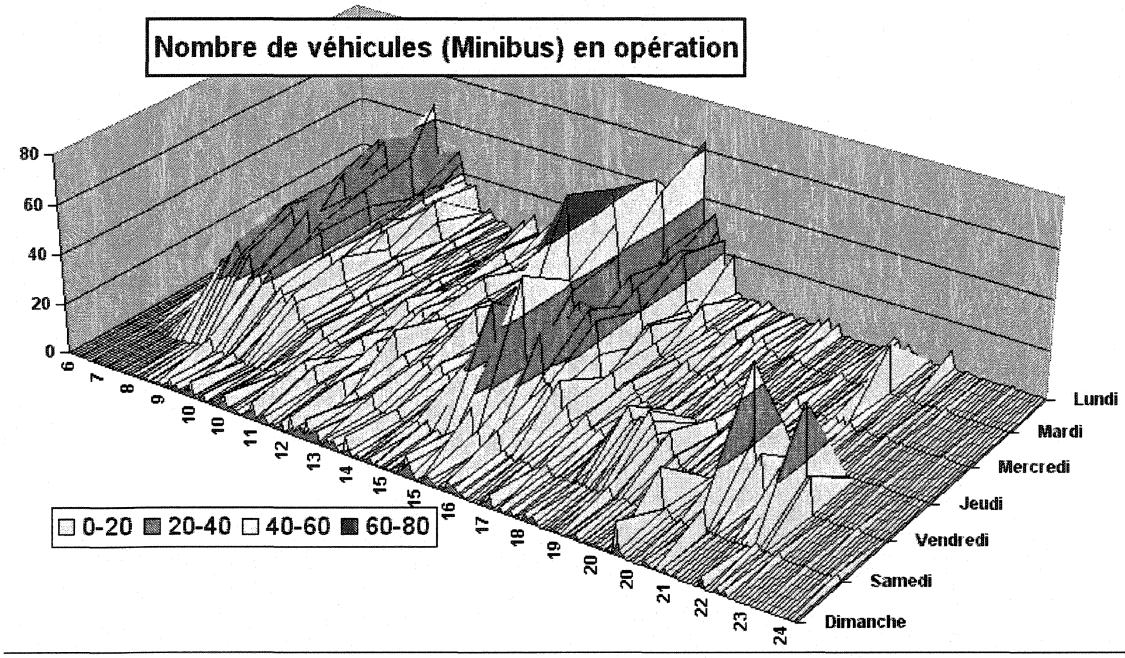


Figure 4.41 Véhicules du transport adapté
Source : Site Internet Ministère des Transports du Québec

4.4.2.1 Minibus

Dans chacune des OTA, l'assignation des tournées et des véhicules est faite de façon manuelle ou avec l'aide de logiciels qui calculent les chemins les plus courts et les séquences optimales. Une fois conçue la tournée et assigné le véhicule, les chauffeurs prennent la feuille de route et préparent leurs véhicules pour se rendre au premier client à l'heure prévue.

Le nombre de tournées réalisées en minibus est en moyenne de 134 pendant la semaine et de 34 en fin de semaine. Pendant les heures de pointe du matin et du soir, circulent en moyenne 38 et 63 véhicules en semaine, comparativement à 14 véhicules sur la pointe de midi. La figure suivante nous montre le nombre de minibus en opération pendant la semaine.



	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Moyenne	Écart-type
Pointe matin	46	40	38	36	31	38,2	5,5
Pointe midi	13	14	13	17	16	14,6	1,8
Pointe soir	63	58	65	74	55	63	7,3

Figure 4.42 Nombre de minibus en opération

Le maximum de minibus en opération est de 74 véhicules lors de la pointe de soir du jeudi. Le nombre moyen de minibus disponibles pendant les heures de pointe de soir est de 63 véhicules dans la semaine et de 21 véhicules pour la fin de semaine.

La répartition temporelle des tournées pendant la semaine d'étude est présentée à la figure suivante par tranches de demi-heure. Cette répartition illustre les heures de pointe qui se présentent pendant la semaine.

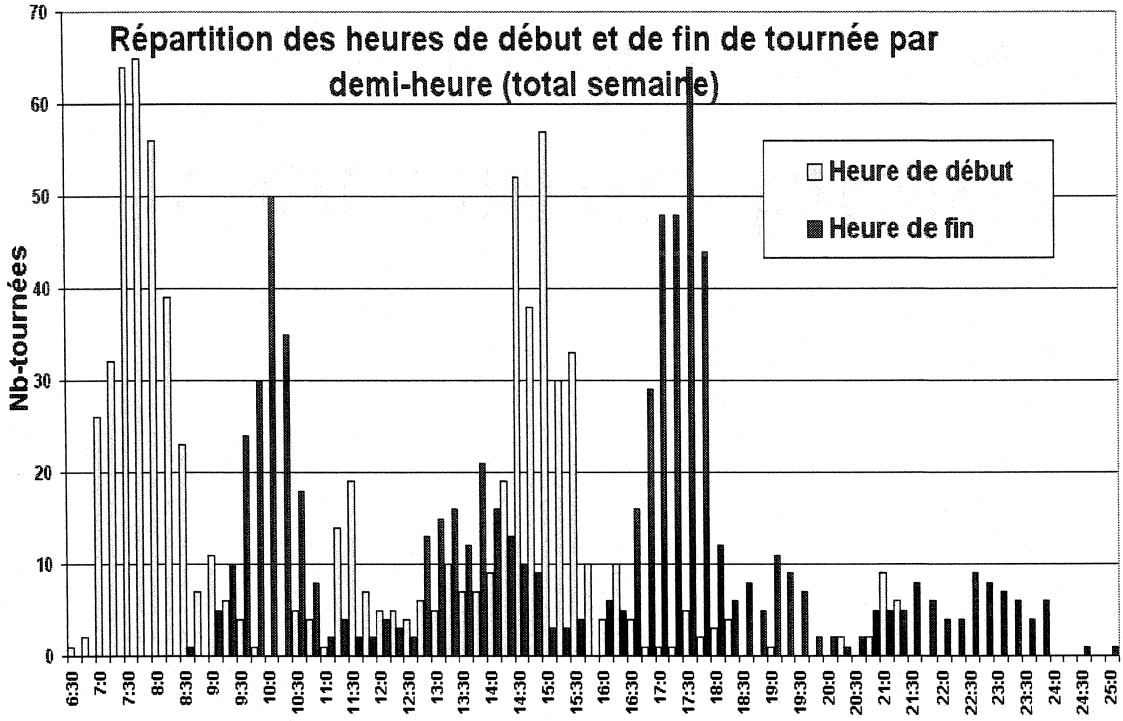


Figure 4.43 Répartition temporelle des tournées en minibus

La flotte de minibus de la STM, qui est approximativement de 80 véhicules, est utilisée au maximum pendant la journée si on considère qu'il y a toujours des véhicules en maintenance ou en panne.

Durée des tournées

La durée des tournées consiste au temps écoulé entre le ramassage du premier passager et le dépôt du dernier. Il s'agit donc d'une durée active. Les minibus effectuent les tournées en un temps moyen de 3,76 heures et la durée maximale d'une tournée est de 15,08 heures.

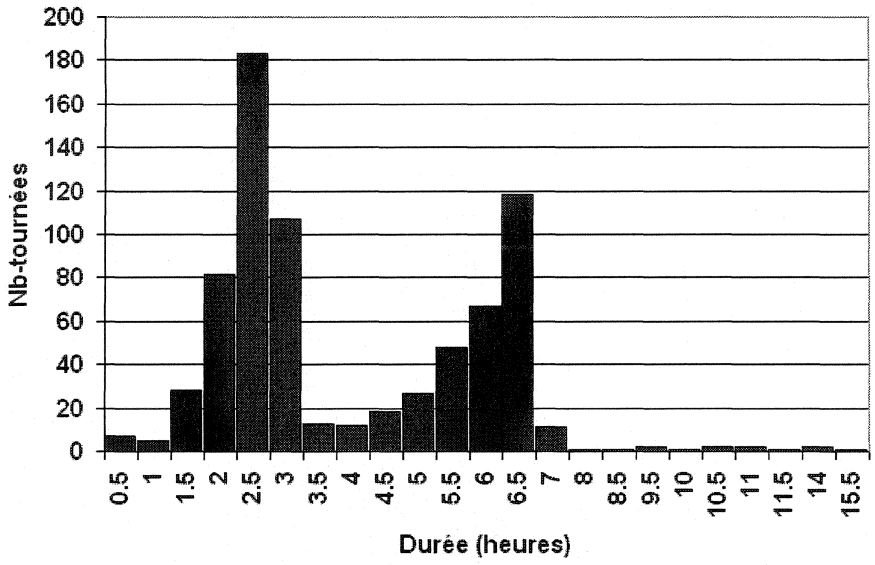


Figure 4.44 Nombre des tournées selon la durée pendant la semaine

Les arrêts sont les points géographiques où se réalisent plusieurs mouvements (embarquements et débarquements des clients). La relation entre le nombre d'arrêts et la durée de la tournée montre clairement la proportionnalité qui existe entre ceux deux variables. Il faut clarifier que les tournées qui font des déplacements de clients de façon sporadique (clients de dernière minute, clients habitant hors du territoire de la STM) ont été enlevées des données pour mieux représenter la relation (voir figure 4.47).

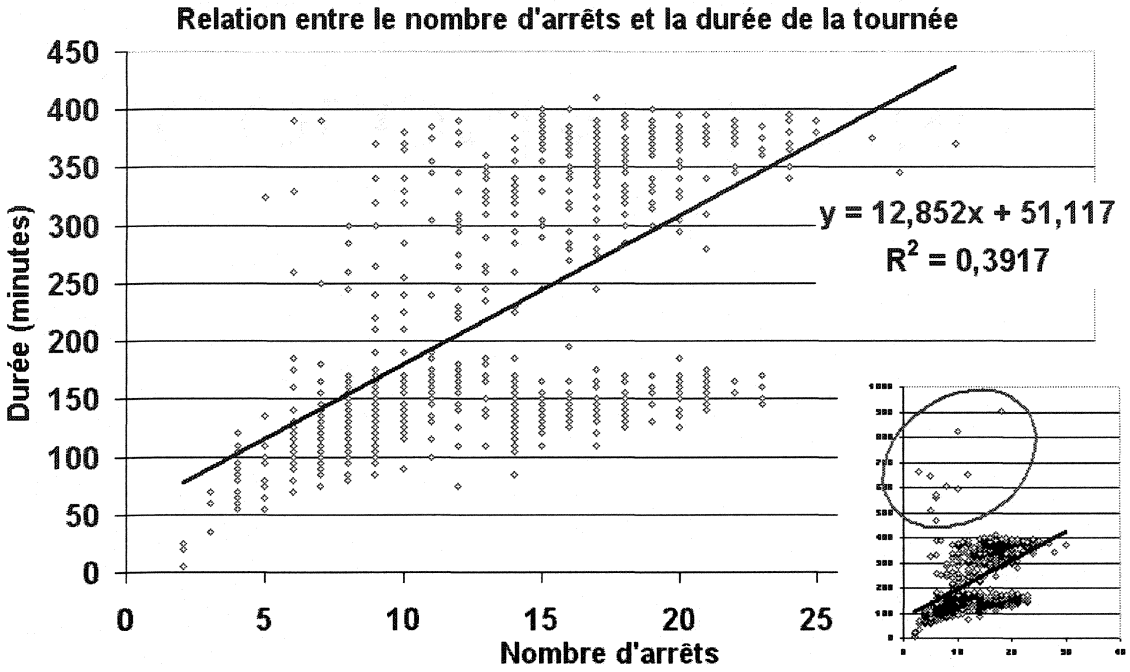


Figure 4.45 Relation entre le nombre d'arrêts et la durée de la tournée.

Le nombre de passagers nous donne le nombre de mouvements qui se sont réalisés dans une tournée. Chaque passager déplacé fait un embarquement et un débarquement. Le tableau suivant nous montre les indicateurs de l'activité dans un minibus.

Tableau 4.7 Indicateurs d'arrêts, de mouvements et de passagers transportés par jour pour un minibus

Jour	Nb. Moyen d'arrêts/jour	Nb. Moyen de passagers/jour	Nb. Moyen de mouv./jour
Lundi	12,1	13,3	26,5
Mardi	11,3	12,5	25,0
Mercredi	11,8	13,3	26,6
Jeudi	11,9	13,4	26,7
Vendredi	12,9	13,3	26,7
Samedi	9,2	11,0	22,1
Dimanche	8,3	13,1	26,2

Distances parcourues

La distance parcourue pour chaque tournée a été obtenue en effectuant la somme des distances à vol d'oiseau entre les arrêts de la tournée. Un calcul plus précis pourrait être fait en utilisant un calculateur pour déterminer le plus court chemin en temps. Pour aboutir à ce calcul, le réseau de voirie doit considérer les sens uniques et les vitesses sur le réseau en considérant aussi l'heure à laquelle la tournée est effectuée.

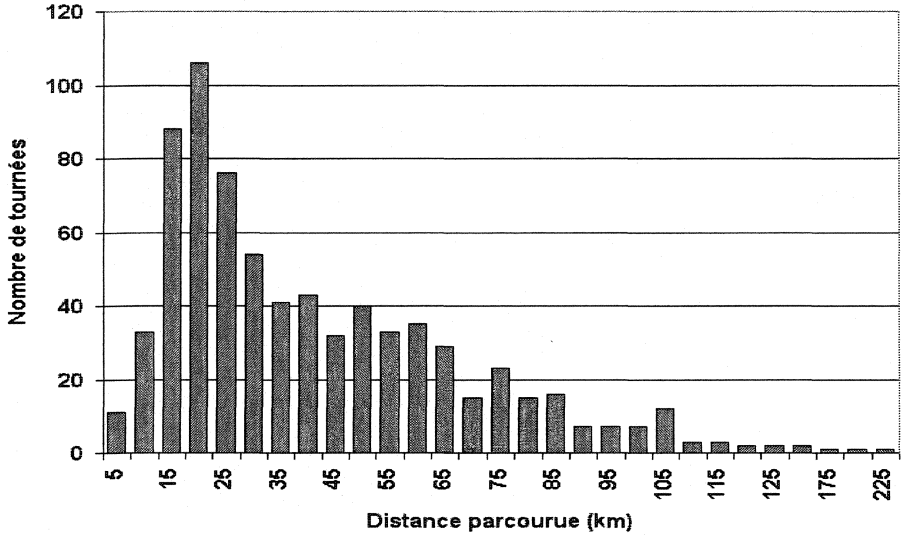


Figure 4.46 Distribution des distances parcourues en minibus

La moyenne des distances parcourues par les tournées des minibus est de 44 kilomètres. 67,9% des minibus parcourent une distance égale ou de moins de 50 kilomètres (voir figure 4.47). La relation entre la distance parcourue et la durée des tournées est présentée à la figure 4.48. Les tournées qui présentent un comportement inhabituel (tournées pour déplacer les clients hors du territoire de la STM) sont encerclées.

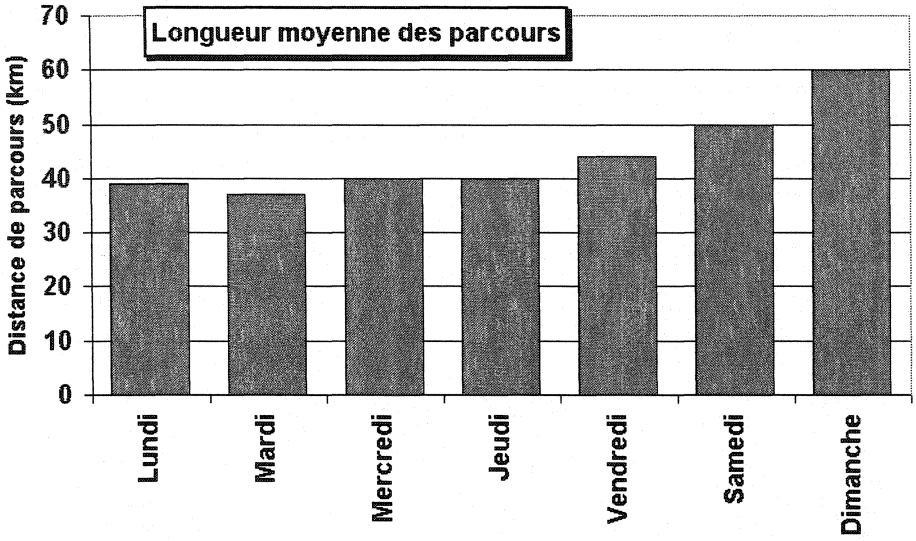


Figure 4.47 Longueur moyenne des parcours pendant la semaine

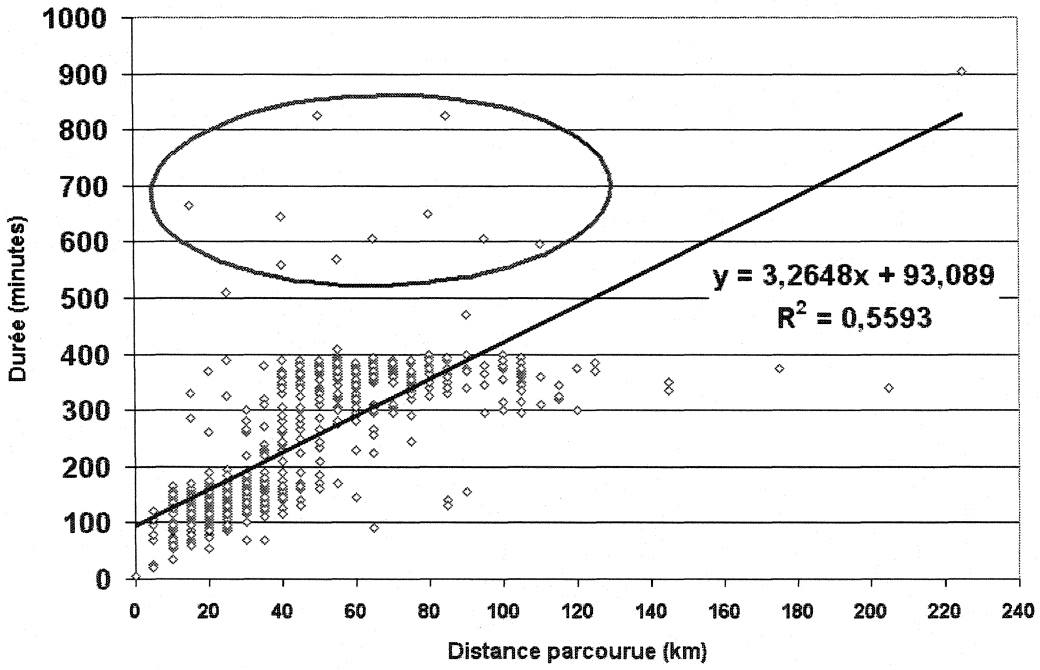


Figure 4.48 Relation entre la distance parcourue et la durée des tournées

Indicateur de la distance parcourue en trop par un client

Une analyse a été faite pour déterminer le nombre de kilomètres que fait de plus un client pour se rendre à sa destination. Si on considère la distance à vol

d'oiseau entre l'origine et la destination du déplacement comme une distance plus ou moins représentative de la distance que le client devait parcourir pour arriver à sa destination et d'un autre côté, on calcule la distance réellement parcourue par le client en additionnant les distances à vol d'oiseau entre les arrêts subis par le client pour se rendre à sa destination, la relation entre ces deux distances donne comme résultat un indicateur de la distance parcourue en trop (DPT) par le client.

$$\text{Indicateur DPT} = \frac{\text{Distance réelle parcourue}}{\text{Distance à vol d'oiseau}}$$

$$1 \leq DPT \leq 60$$

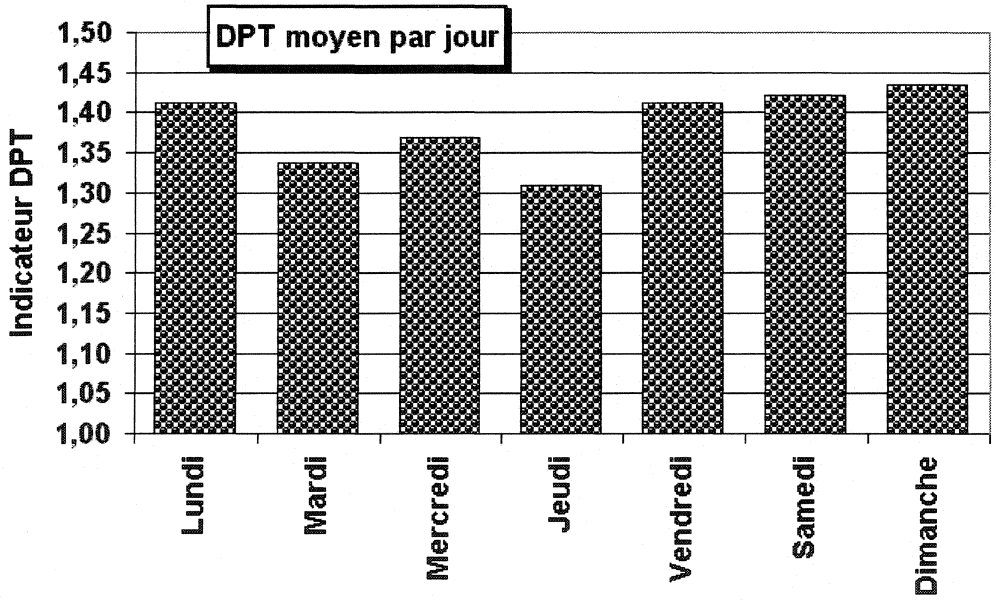


Figure 4.49 Variation du DPT moyen pendant la semaine

Un indicateur DPT est attribué à chaque client transporté dans une tournée. Le DPT moyen et maximal de chaque tournée a été calculé et la moyenne

journalière résulte du calcul de la moyenne des DPT moyens de toutes les tournées effectuées pendant la journée (voir figure 4.49). Le même calcul a été effectué pour le DPT maximal journalier (figure 4.50).

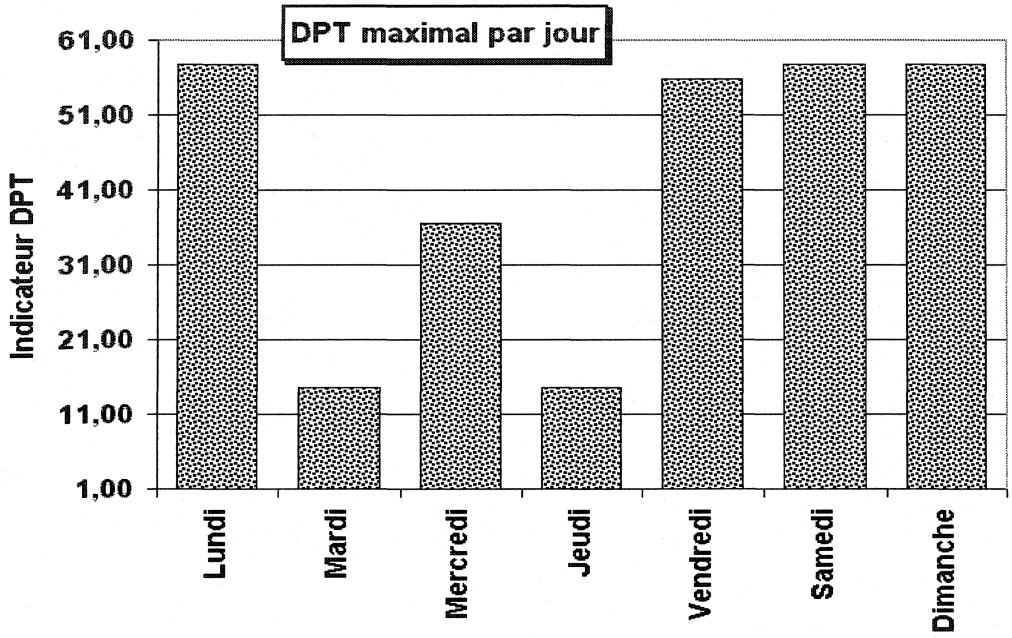


Figure 4.50 Variation du DPT maximal pendant la semaine

Le DPT moyen maximal qui se produit pendant la semaine est de 10,64 et la moyenne est de 1,37. Le DPT maximal de 57,83 se produit le lundi et le dimanche. Pendant une journée typique (lundi) se font 127 tournées en minibus qui déplacent 1537 clients. Le nombre maximal des passagers transportés dans une tournée est de 31. Le DPT moyen qui se présente est de 1,41 et le DPT maximal de 57,83. 84% des tournées ont un DPT moyen entre 1 et 2.

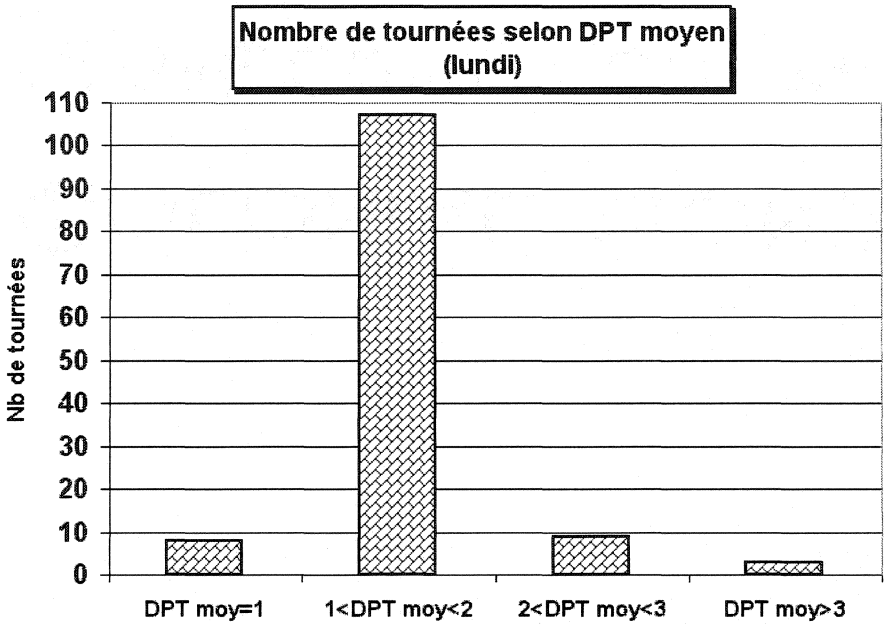


Figure 4.51 Nombre de tournées selon DPT moyen le lundi

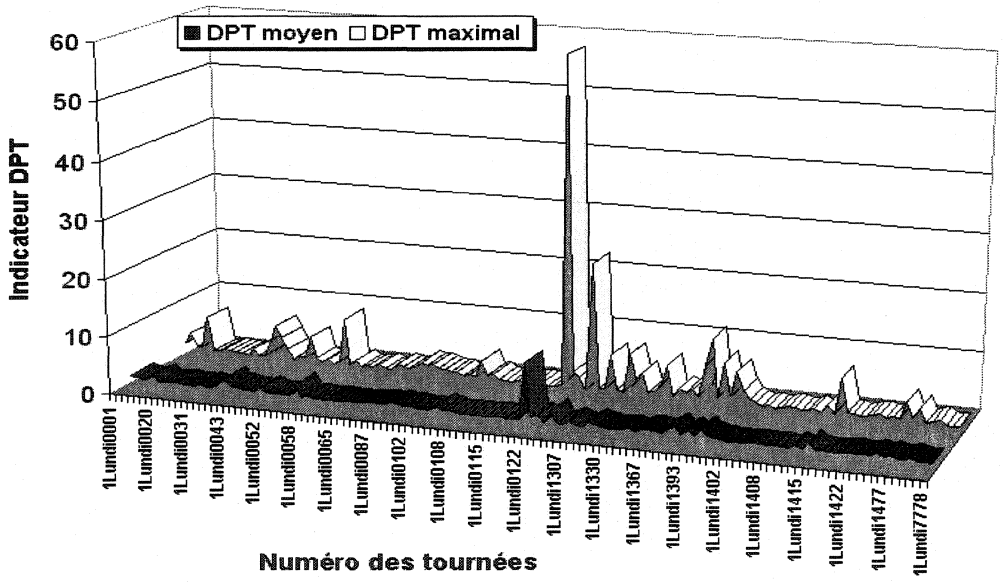


Figure 4.52 Variation de l'indicateur de distance parcourue en trop (DPT) le lundi

Les cas extrêmes qui se présentent, comme par exemple le lundi, sont dus aux parcours excessifs réalisés pendant une tournée. Les clients qui devaient

parcourir 311 mètres et 1,7 kilomètres, ont parcouru 18 et 19 kilomètres respectivement.

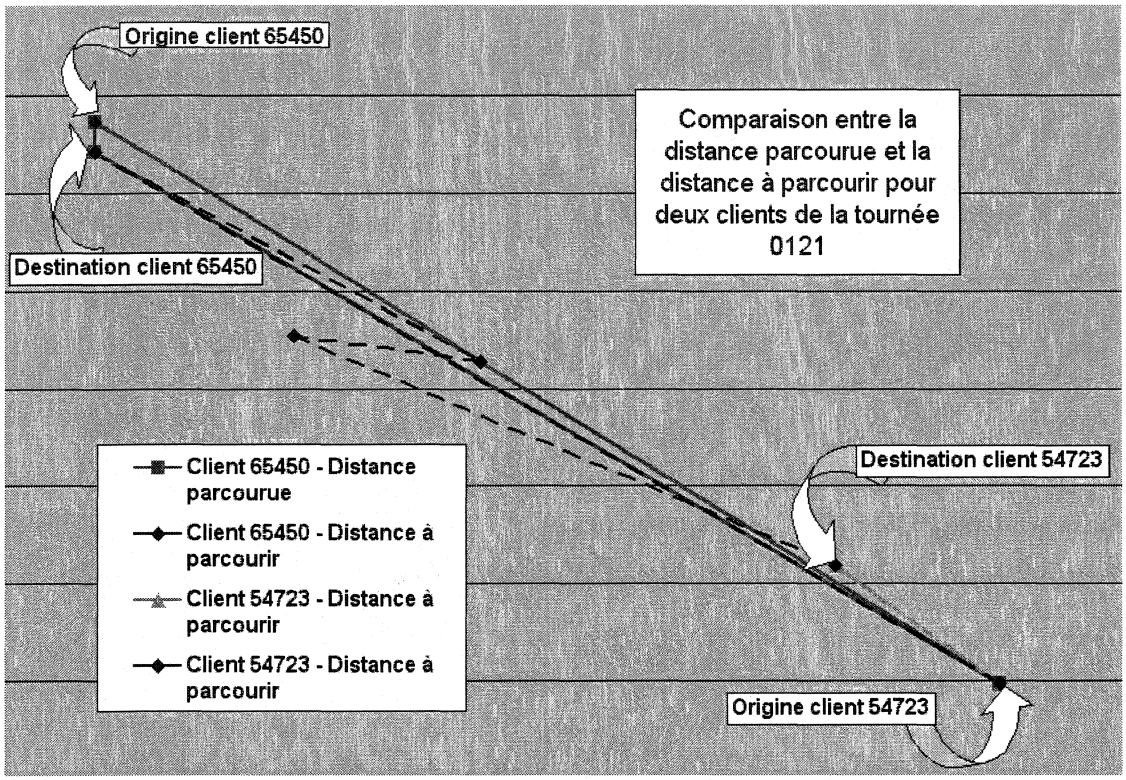


Figure 4.53 Comparaison des distances parcourues et à parcourir

Évolution du service de minibus

Les caractéristiques de l'opération des minibus (nombre d'arrêts et nombre de tournées) sont dérivées des bases de données disponibles. La figure suivante montre ces statistiques pour le lundi de notre semaine d'étude.

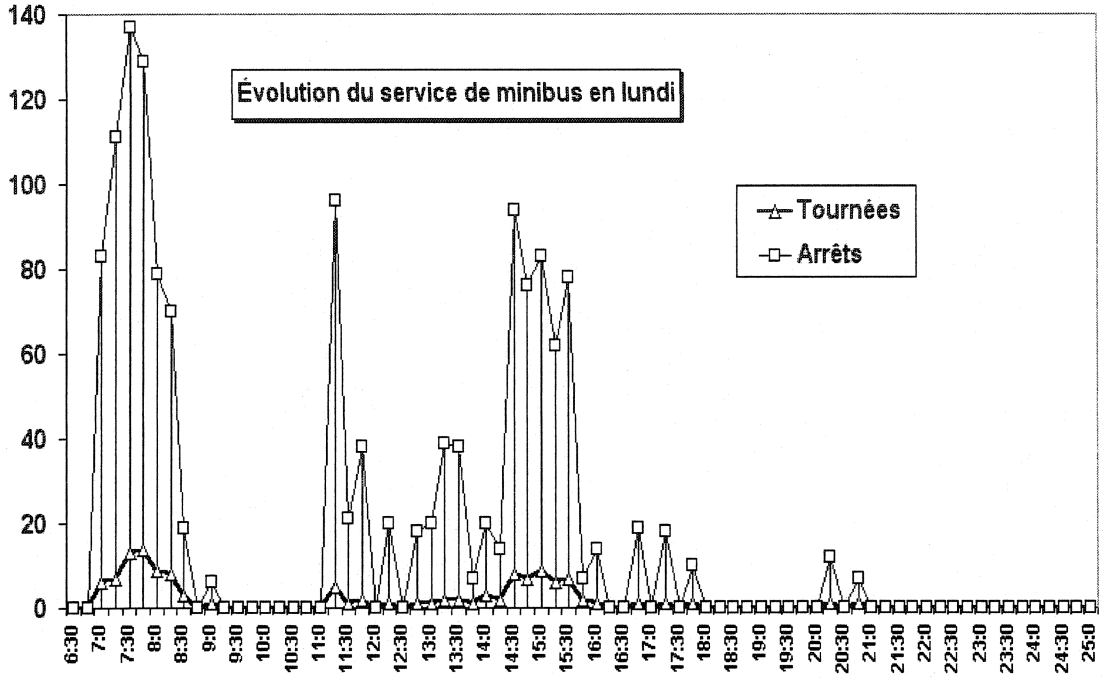


Figure 4.54 Évolution du service de minibus pendant le lundi

Tableau 4.8 Compilation des tournées et arrêts par jour

Jour	Nombre de tournées	Nombre d'arrêts	Véhicules-heures actifs
Lundi	127	1684	450,5
Mardi	139	1738	487,5
Mercredi	130	1727	479,5
Jeudi	134	1792	499,1
Vendredi	140	1868	524,8
Samedi	37	408	173,75
Dimanche	32	419	185
Totaux	739	9636	2800,2

Nombre de clients transportés

Le nombre de clients transportés pendant la semaine a été déterminé à partir du comptage des numéros de dossiers qui ont embarqué dans le véhicule pendant la réalisation d'une tournée. En moyenne, 1600 passagers sont transportés par jour en minibus pendant la semaine (du lundi au vendredi) et il se font 134 tournées en moyenne pour ces déplacements.

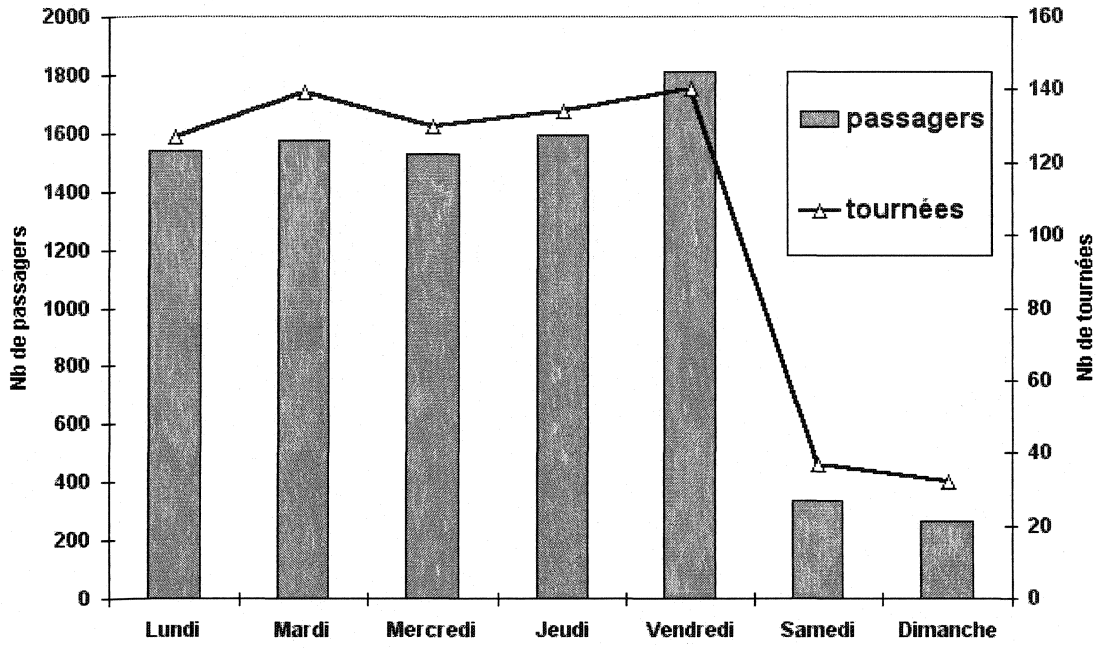


Figure 4.55 Passagers transportés pendant la semaine

Le nombre maximum de clients transportés pendant une tournée en minibus s'élève à 49 avec une moyenne de 12 personnes transportées par tournée. 71,1% des tournées (739 tournées en minibus) transportent 14 personnes ou moins par parcours. La figure 4.56 exhibe la variation de la charge moyenne, la charge maximale, et le nombre des personnes transportées en minibus pendant la semaine d'étude.

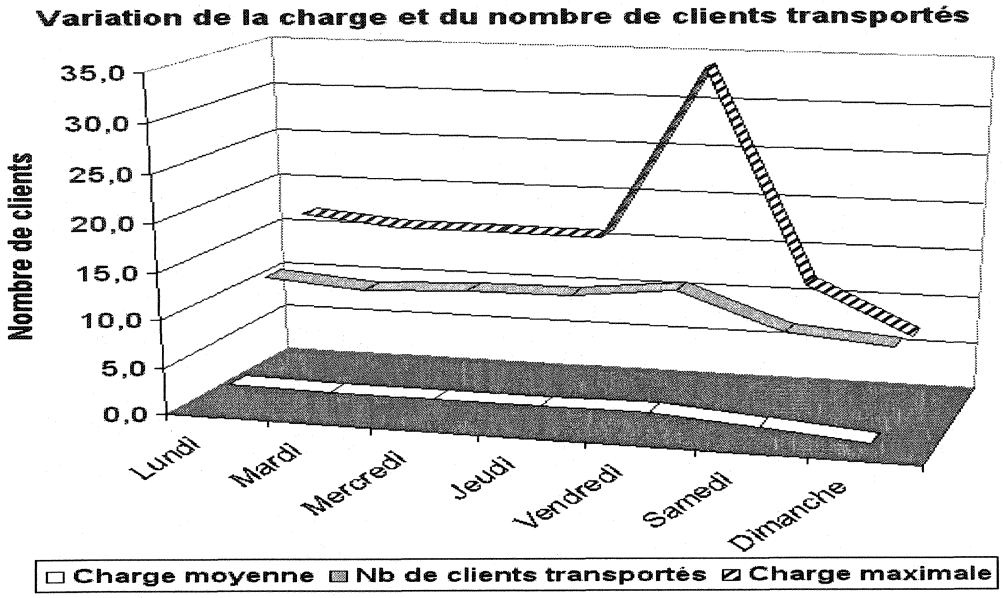


Figure 4.56 Variation de la charge et nombre de personnes transportées en minibus

Vitesses de parcours

La vitesse moyenne d'une tournée en minibus (pondérée avec la distance) est de 17,6 km/h et on trouve une vitesse moyenne maximale de 107 km/h (voir figure 4.57). Les deux graphiques de la figure 4.58 nous montrent la variation de la vitesse pour une tournée particulière du vendredi et une autre du jeudi. Il faut clarifier que la tournée de vendredi montre des valeurs aberrantes (vitesse maximale de 137,4 km/h).

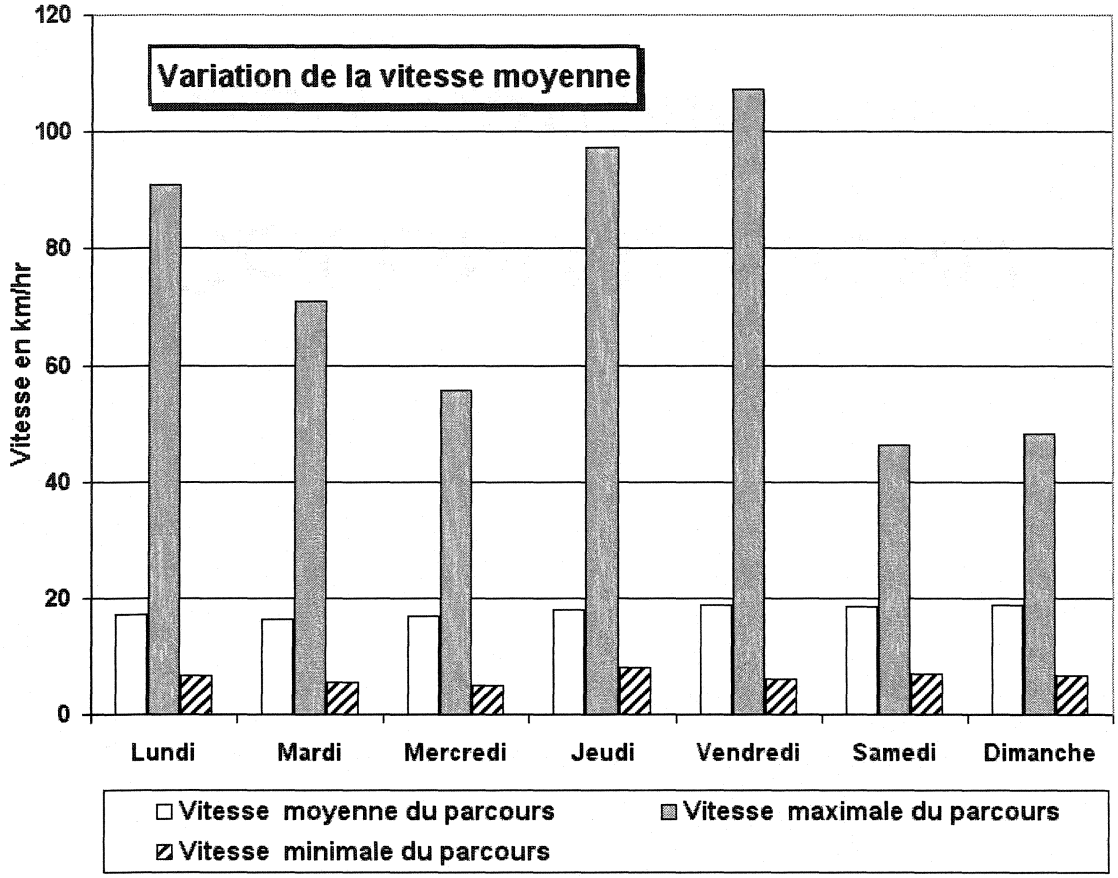
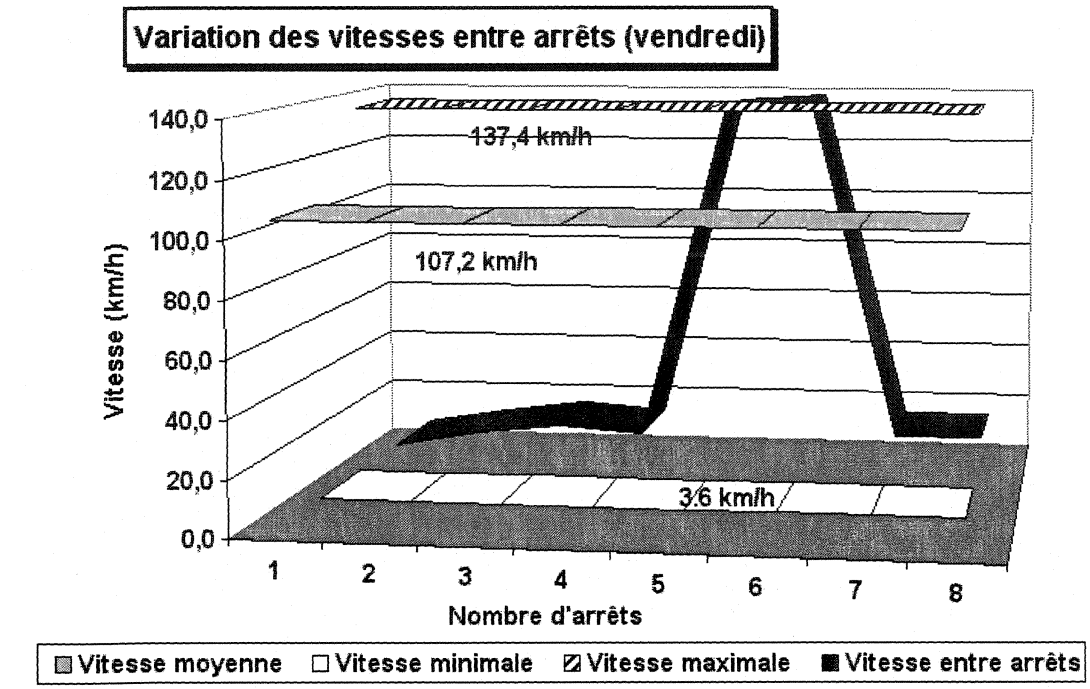


Figure 4.57 Variation de la vitesse moyenne des tournées pour la semaine



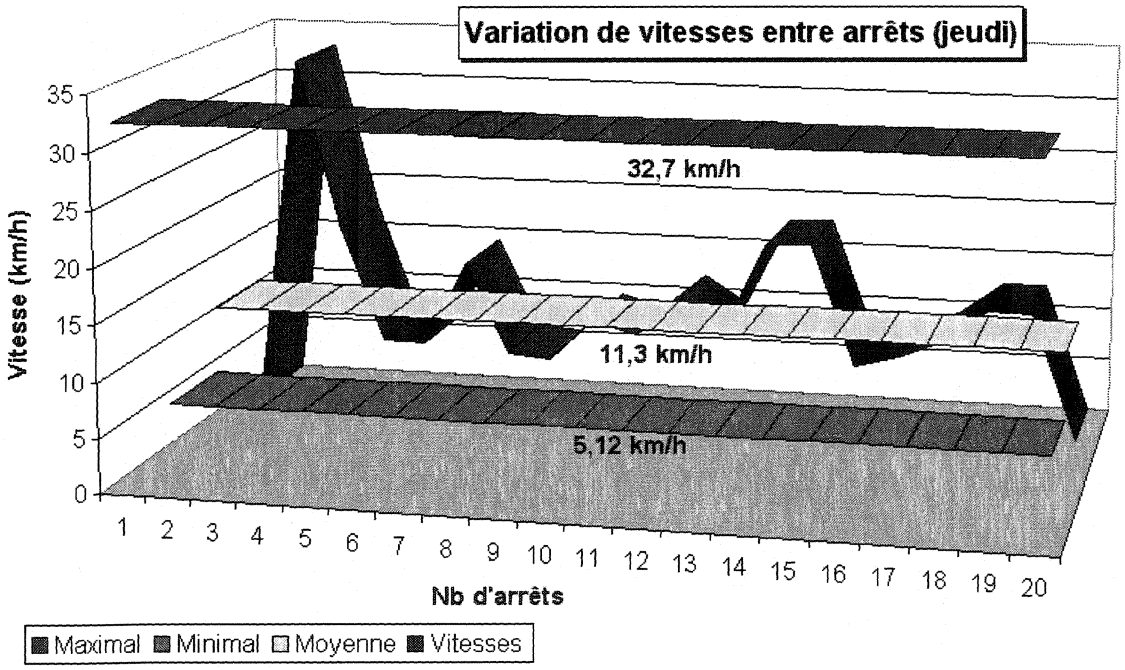


Figure 4.58 Vitesse maximale, minimale et moyenne entre les arrêts pour deux tournées

Indicateurs de consommation

Les indicateurs ont été calculés pour un échantillon de 739 tournées réalisées pendant la semaine d'études. Les indicateurs de consommation pour une semaine d'opération sont présentés dans le tableau suivant.

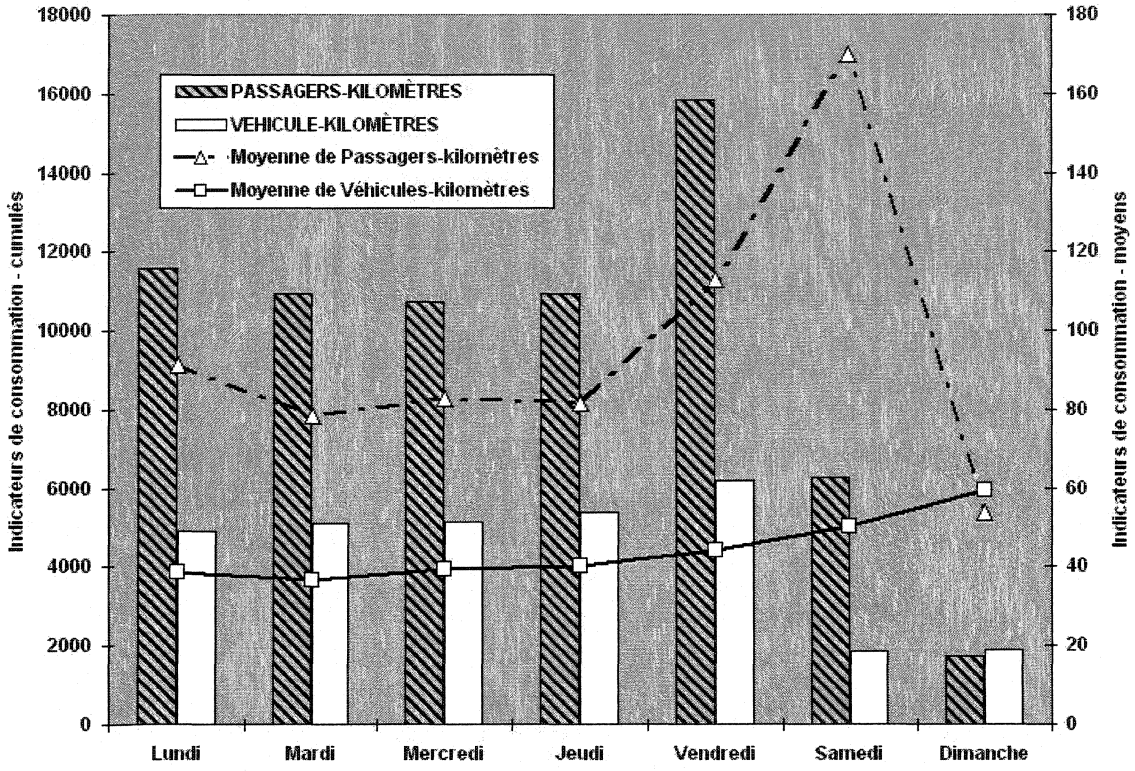


Figure 4.59 Indicateurs de consommation des minibus pendant la semaine d'étude

Les passagers – kilomètres ont été calculés pour chaque tournée comme la somme de la multiplication des longueurs à vol d'oiseau entre deux arrêts (d_{ij}) par la charge entre les deux arrêts(C_{ij}). Le nombre de véhicules – kilomètres est égale à la distance parcourue par le minibus pendant une tournée.

Passagers – kilomètres = $\Sigma\ d_{i\,j} \times C_{ij}$

La figure 4.59 montre la répartition des passagers transportés selon le type de handicap. En moyenne, 45% des passagers transportés pendant une journée ont un handicap moteur et 50% un handicap intellectuel.

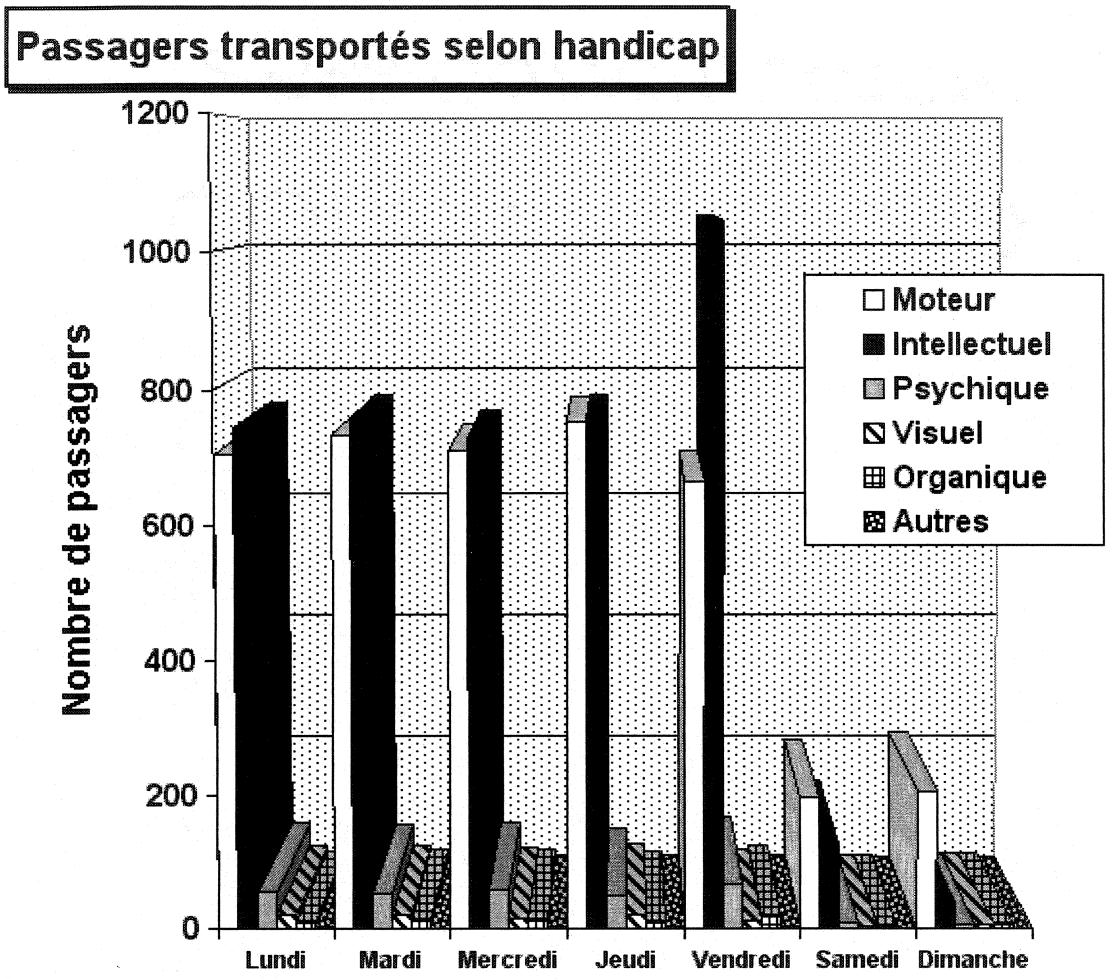


Figure 4.60 Répartition du nombre de passagers transportés selon handicap

Taux d'occupation

Le taux d'occupation pour chaque tournée a été calculé comme le quotient entre les passagers-kilomètres et le produit de la capacité du véhicule par la distance parcourue totale. La capacité du véhicule dépend de la distribution des places pour fauteuils roulants et des places pour personnes ambulantes

(personnes qui peuvent marcher) ou pour les escortes. La capacité des minibus a été fixée à 12,5 personnes en moyenne.

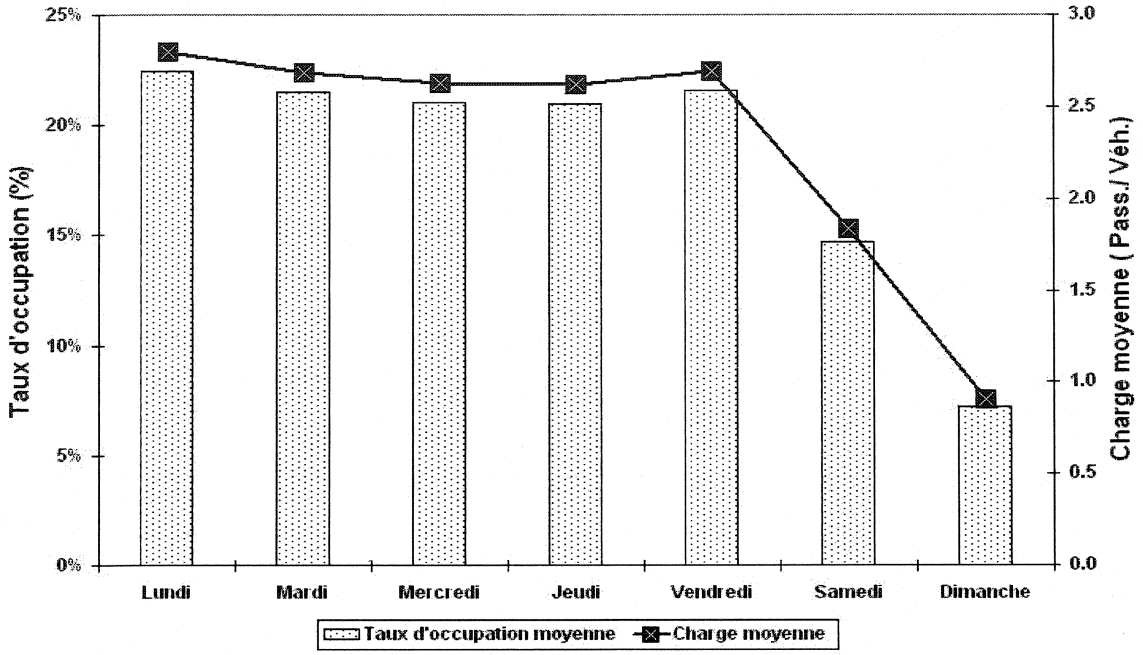


Figure 4.61 Taux d'occupation moyen par jour

Un taux d'occupation moyen de 15% a été calculé pour la période d'étude. Pour les jours ouvrables le taux est de 16% et pour la fin de semaine de 8%. Les figures suivantes présentent les relations entre le taux d'occupation, la distance parcourue et la durée des tournées.

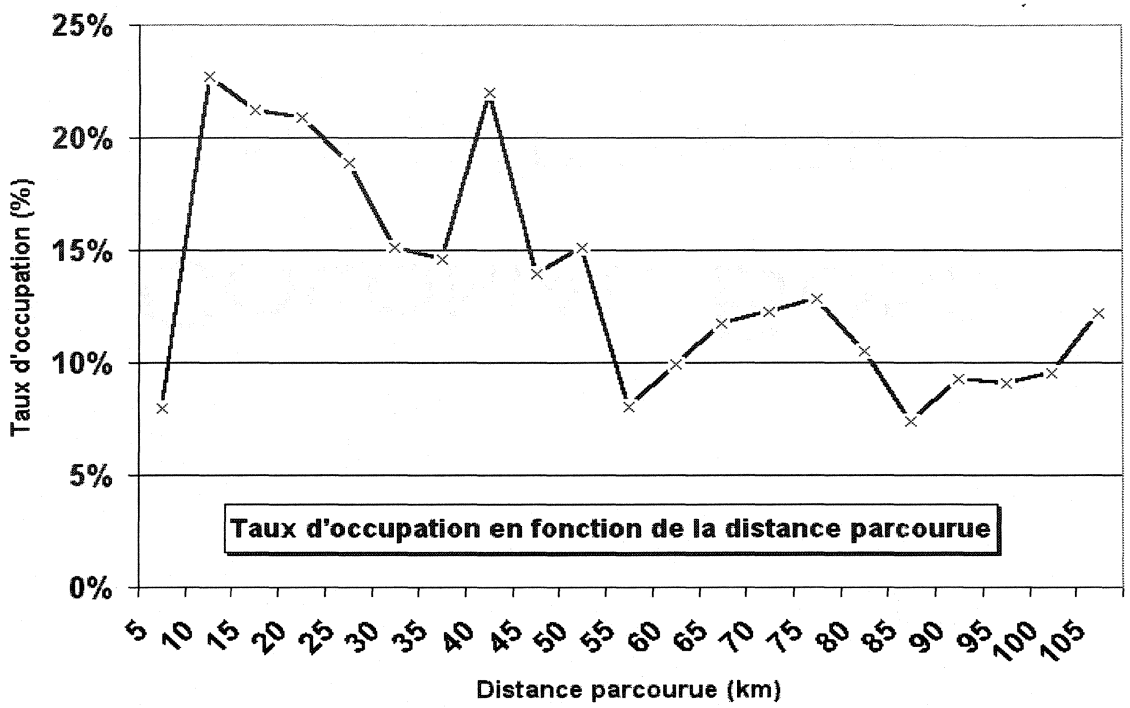


Figure 4.62 Taux d'occupation en fonction de la distance parcourue pour le lundi

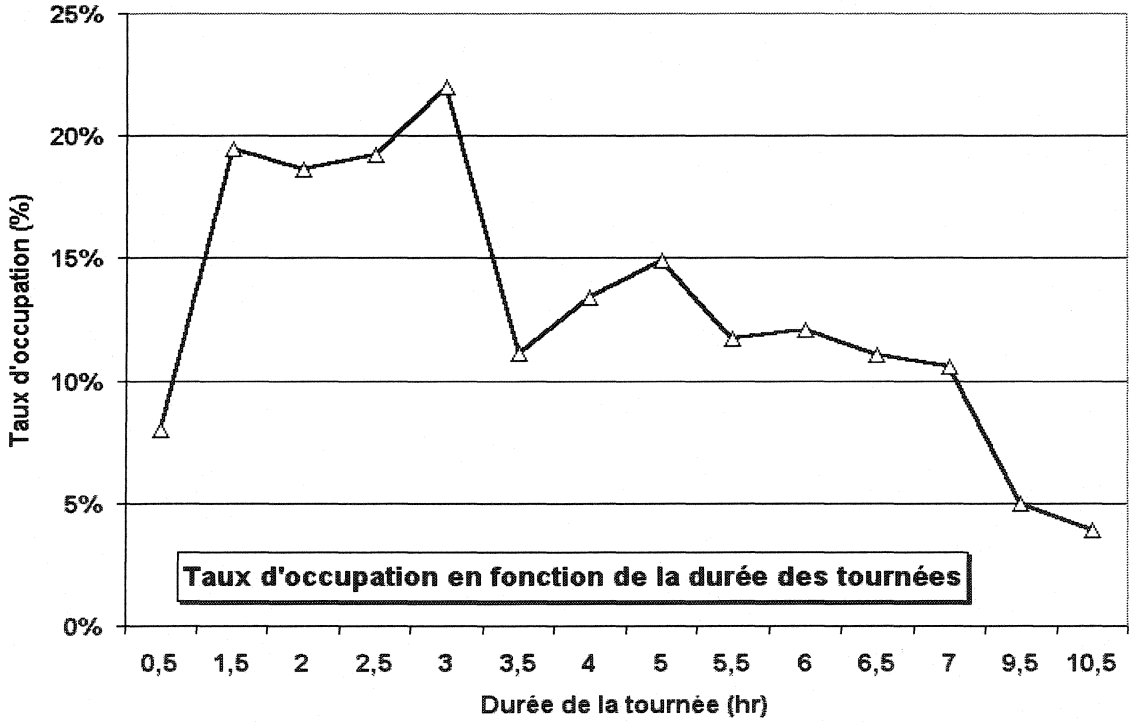


Figure 4.63 Taux d'occupation en fonction de la durée des tournées le lundi

Le phénomène des faibles taux d'occupations s'explique d'une part par le grand nombre d'annulations qui se produisent et d'autre part par la difficulté de bien concevoir les tournées et les horaires. À Montréal les demandes de services doivent être réservées 48 heures d'avance. Cette contrainte ne permet pas la souplesse requise par l'usager pour mieux planifier ses activités. En conséquence, le nombre d'annulations augmente. Les activités les plus susceptibles de changement sont toujours le magasinage (9% de déplacements) et les loisirs (inclus dans le 74% de «autres»).

> «Même si les études réalisées dans une compagnie fournisseur des services de transport adapté à la ville de San Francisco montrent que seulement une petite fraction des activités est affectée négativement par la politique de réservation avec un jour d'anticipation, les contraintes imposées à des usagers peu mobiles est très sévère. C'est cette partie de la population qui a le plus grand besoin de réservation à court terme en raison par exemple de sa nécessité de l'aide médicale urgente.» [Venter, Christoffel, 2001] (Traduction libre)

Au même temps, les usagers qui ont une haute mobilité veulent être desservis avec les standards de service donnés aux usagers du transport en commun, et le fait d'avoir besoin de réserver avec 48 heures d'anticipation fait changer leur décision de se déplacer. Cela amène des annulations et un manque de planification régulière de leurs activités.

Indicateur de productivité

L'indicateur de productivité de la tournée en minibus correspond au rapport entre la distance totale active parcourue par le minibus et la distance parcourue à vide. En moyenne, 23% de la distance parcourue par un minibus est réalisé à vide. La fin de semaine, la distance à vide augmente à 33%.

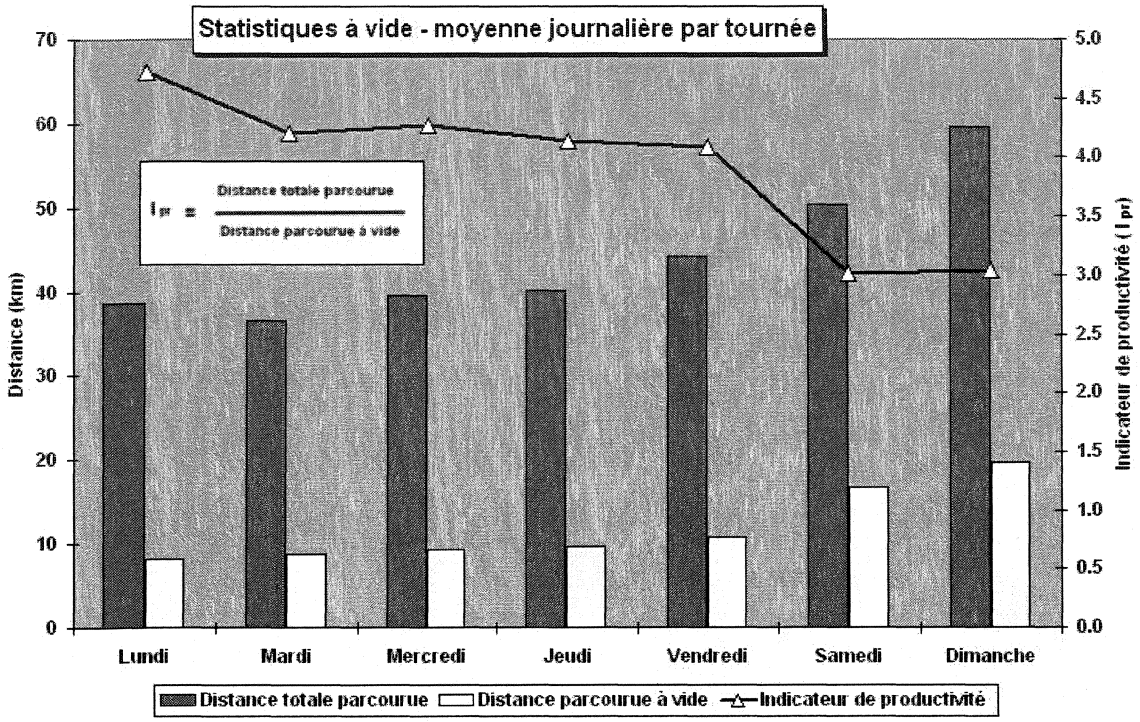


Figure 4.64 Statistiques à vide et Indicateur de productivité

4.4.2.2 Taxi

Les caractéristiques des tournées de taxi ont été dérivées à partir des données sur l'opération des taxis. Les localisations spatiales des origines et destinations ont été ajoutées par le groupe MADITUC et les distances ont été calculées à vol d'oiseau.

La définition de la séquence des tournées a été obtenue à partir de la concaténation des variables TOURNÉE et TAX_SEQ. La variable TOURNEE montre les déplacements inclus dans un bon de commande et la variable TAX_SEQ permet d'établir la séquence des déplacements effectués par un taxi. Il s'agit ici de la partie active de la tournée, comprise entre le premier embarquement et le dernier débarquement de passagers.

5696 tournées en taxi par jour sont faites pendant la semaine d'étude. Le nombre de tournées réalisées en taxi est en moyenne de 1033 pendant la semaine et de 265 en fin de semaine. Le nombre maximum de taxis offert est de 87 véhicules en opération pendant la pointe d'après midi du lundi. Le maximum de taxis en service se présente pendant l'heure de pointe du matin avec une moyenne de 107 véhicules. La fin de semaine présente un maximum de 18 taxis en service à midi. Le tableau et la figure suivants nous montrent le nombre de tournées effectuées et le nombre de taxis en opération pendant la semaine.

Tableau 4.9 Distribution journalière des tournées

Jours	Nb_tournées	% Total	Tournées	%
Semaine			5166	91%
Lundi	1041	18%		
Mardi	1046	18%		
Mercredi	1020	18%		
Jeudi	1047	18%		
Vendredi	1012	18%		
Fin de semaine			530	9%
Samedi	292	5%		
Dimanche	238	4%		
Total		100%	5696	100%

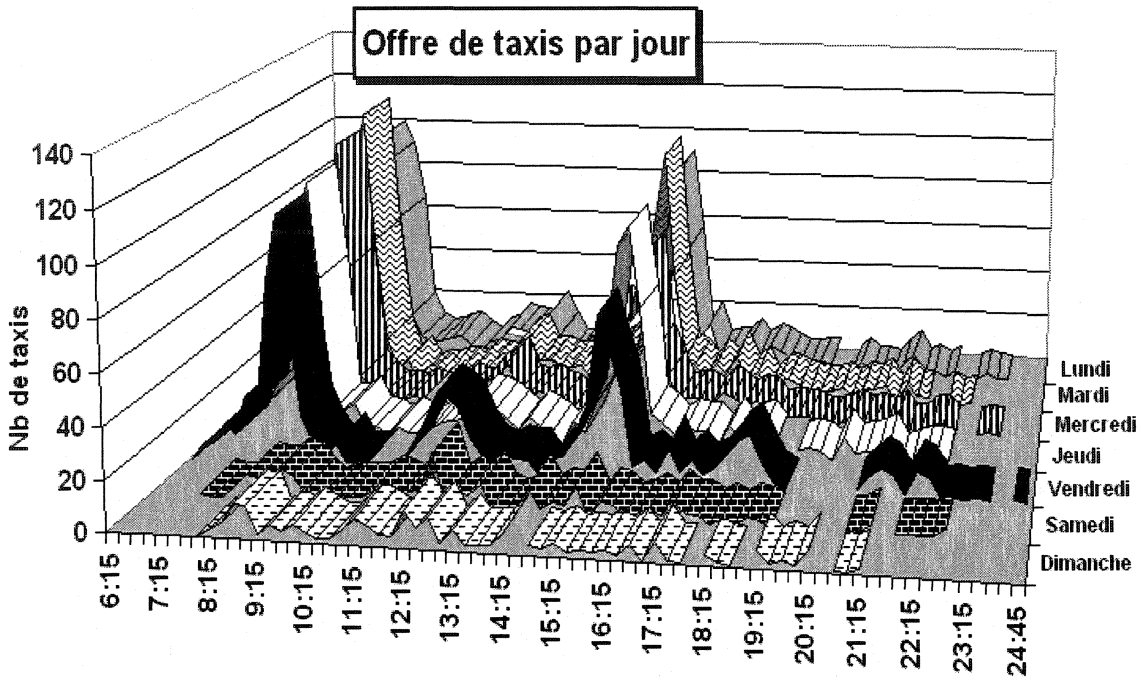


Figure 4.65 Nombre de taxis en opération par jour et par heure

Pour les tournées en taxi, le nombre maximum de clients transportés pendant une tournée s'élève à 29 avec une moyenne de 2,88 personnes transportées par tournée. 95% des tournées transportent 4 personnes ou moins par tournée. La répartition temporelle des tournées pendant la semaine d'étude est présentée dans la figure suivante par tranches de demi-heure. Cette répartition illustre les heures de pointe qui se présentent pendant la semaine.

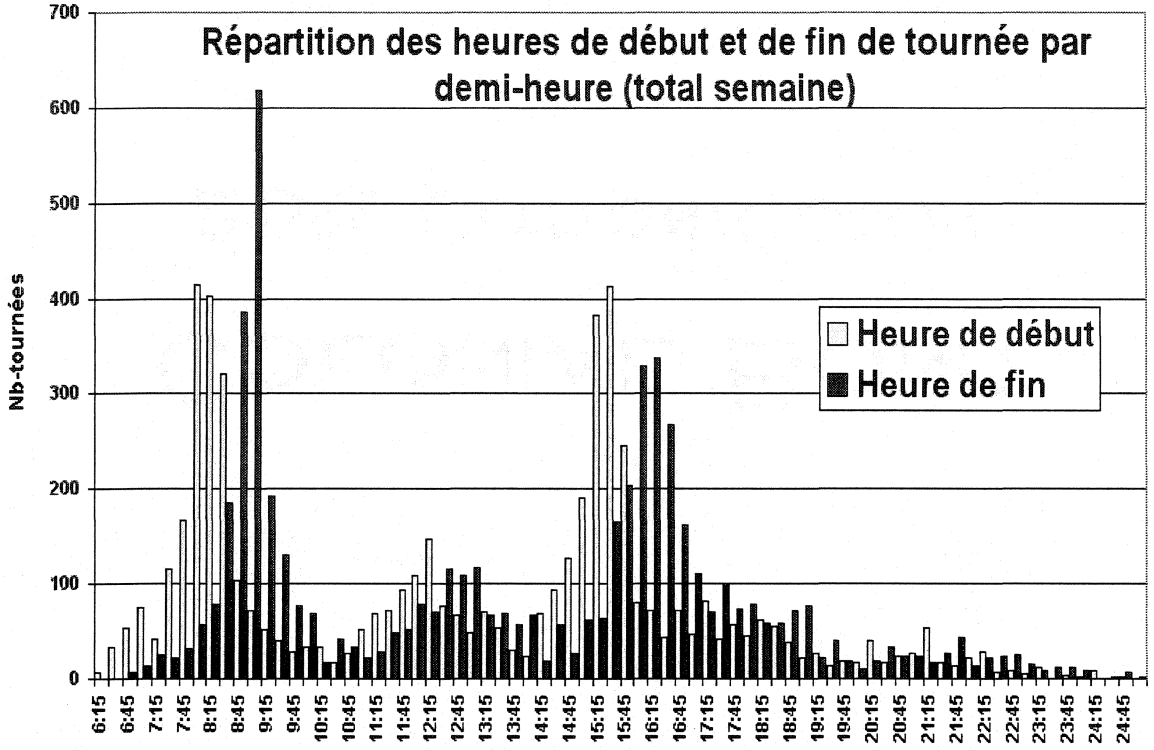


Figure 4.66 Répartition temporelle des tournées en taxi

Durée des tournées

Comme pour les minibus, la durée des tournées des taxis est le temps écoulé entre le ramassage du premier passager et le dépôt du dernier. Il s'agit donc d'une durée active. Les taxis font les tournées en un temps moyen de 0.95 heures et la durée maximale d'une tournée est de 11,58 heures. 85% des tournées ont une durée de moins d'une heure.

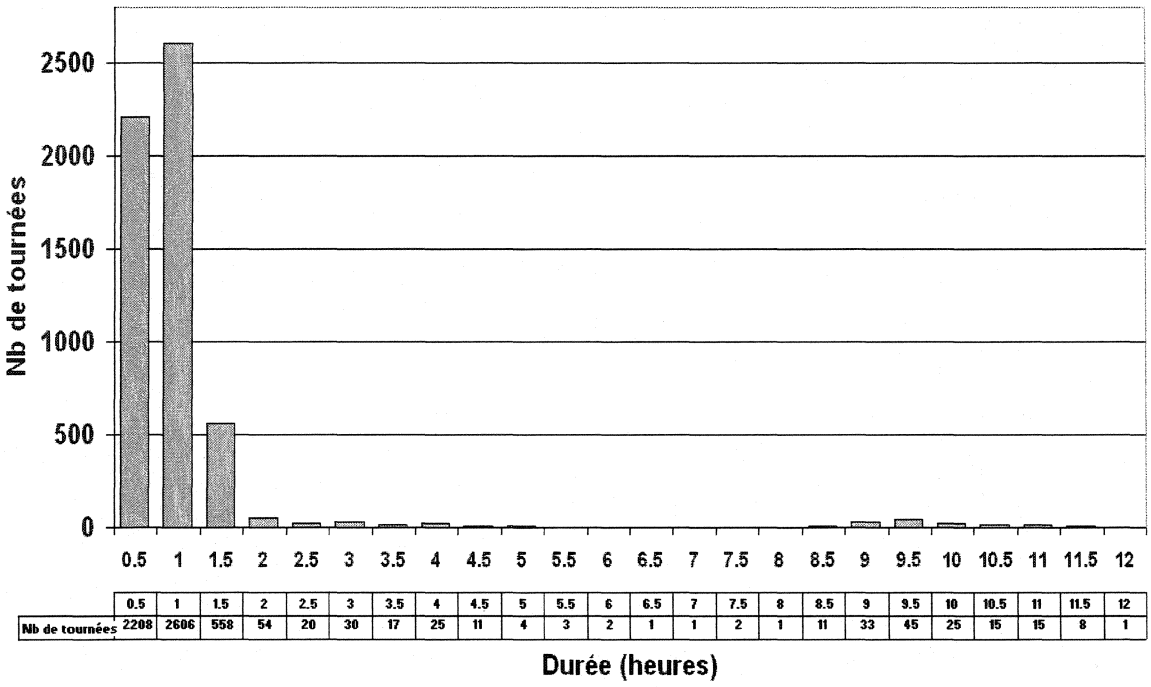


Figure 4.67 Nombre des tournées selon la durée pendant la semaine

La relation entre le nombre d'arrêts et la durée de la tournée montre encore la proportionnalité qui existe entre ces deux variables. Le nombre moyen d'arrêts est de 3,5 par tournée.

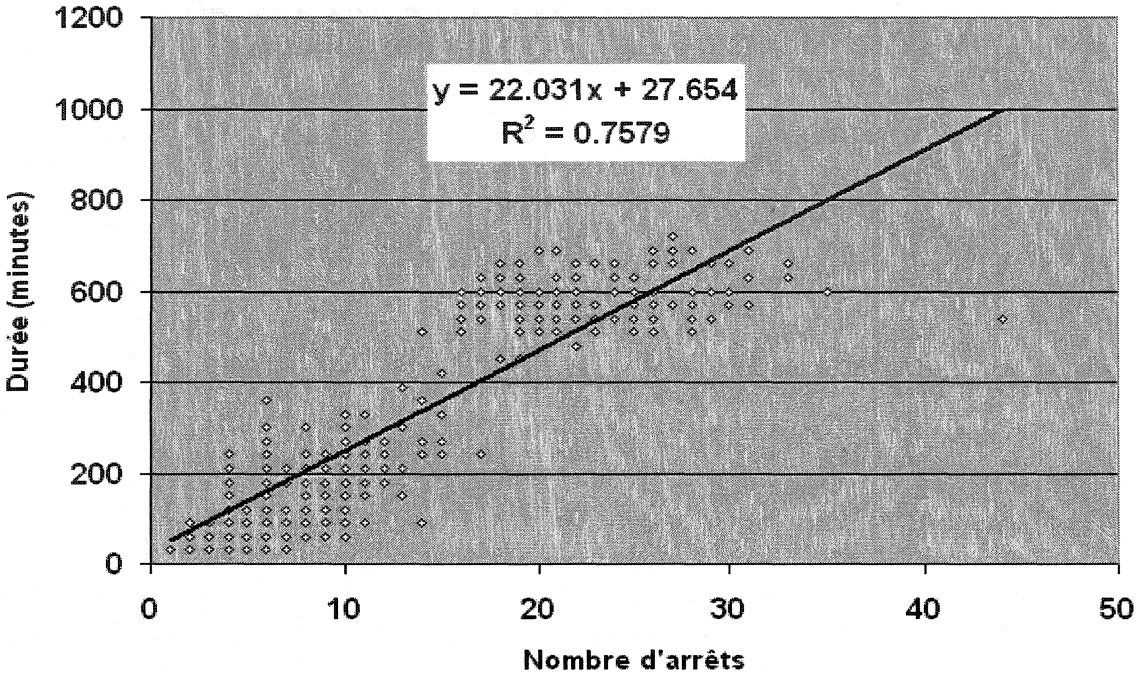


Figure 4.68 Relation entre le nombre d'arrêts et la durée de la tournée.

Le tableau suivant nous montre les indicateurs de l'activité dans un taxi.

Tableau 4.10 Nombre d'arrêts et de passagers transportés par jour

Jour	Nombre moyen d'arrêts par jour	Nombre moyen de passagers par jour
Lundi	3.69	2.9
Mardi	3.72	3.0
Mercredi	3.82	3.0
Jeudi	3.72	3.0
Vendredi	3.47	2.9
Samedi	1.75	2.0
Dimanche	1.65	1.8

Distances parcourues

La distance parcourue pour chaque tournée a été obtenue en effectuant la somme des distances à vol d'oiseau entre les arrêts de la tournée. Les figures suivantes nous montrent la répartition des tournées selon la distance parcourue

et la relation entre la distance parcourue et la durée de la tournée. Comme dans les tournées en minibus, un calcul plus précis pourrait être fait en utilisant un calculateur pour déterminer le plus court chemin en temps.

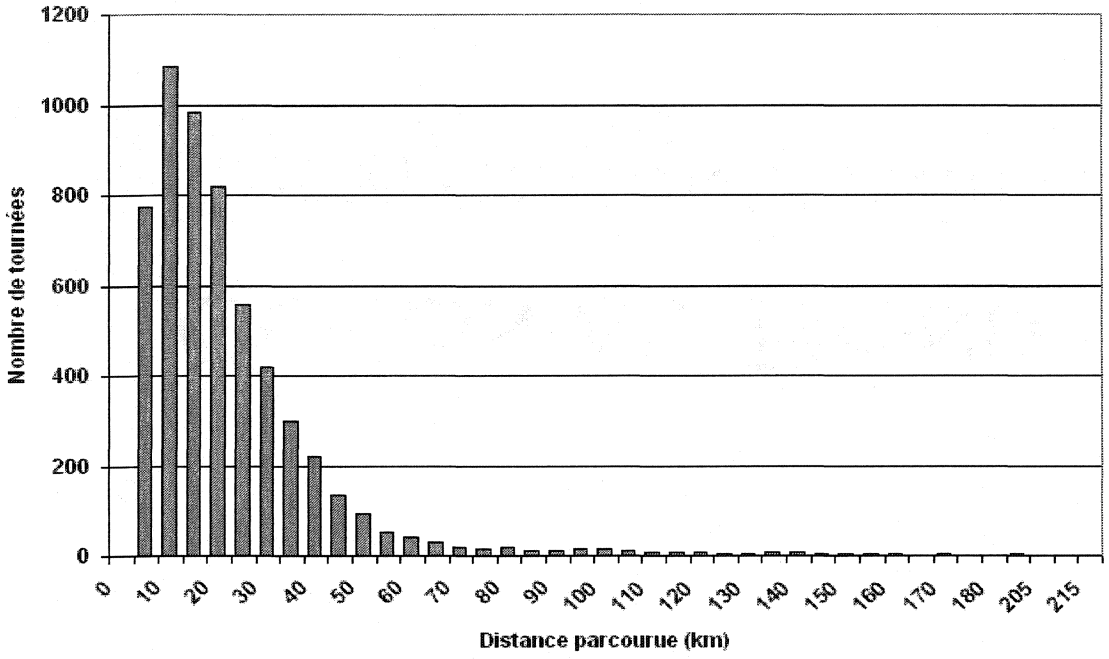


Figure 4.69 Distribution des distances parcourues en taxi

La moyenne des distances parcourues par les tournées en taxi est de 13,7 kilomètres et 56% des taxis parcourent une distance égale ou moindre de 25 kilomètres.

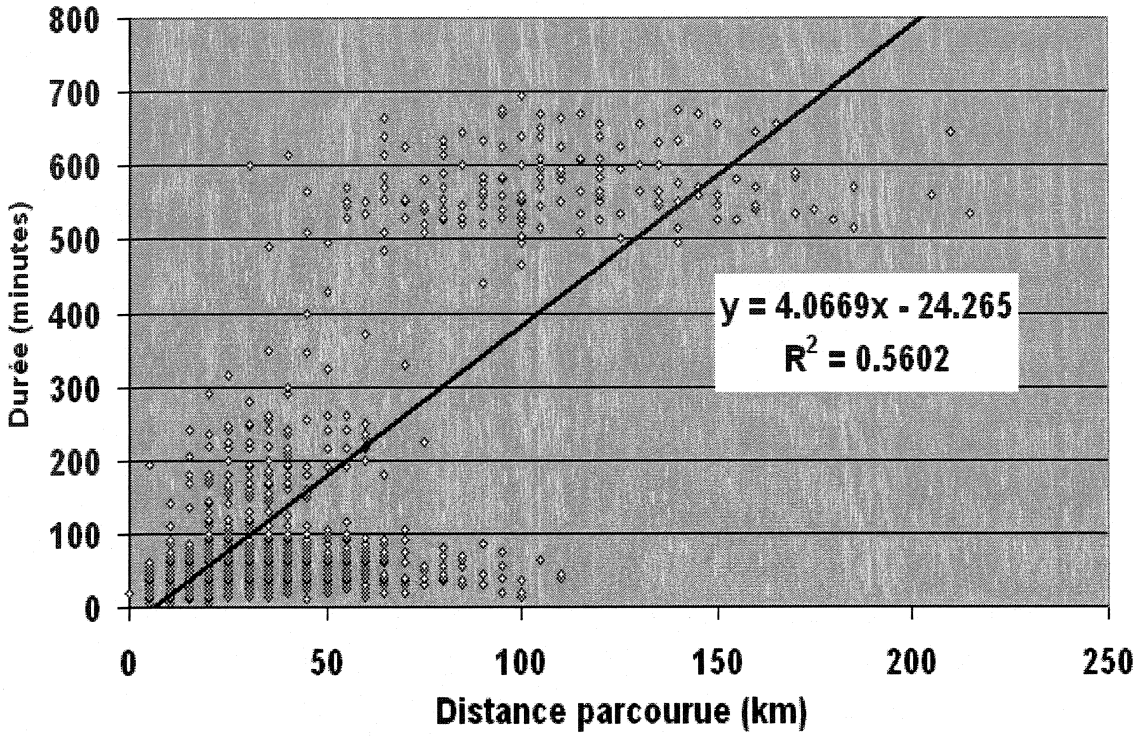


Figure 4.70 Relation entre la distance parcourue et la durée des tournées

Évolution du service de taxi

Les caractéristiques de l'opération des taxis (nombre d'arrêts et nombre de tournées) sont dérivées des bases de données disponibles. La figure et le tableau suivants montrent les statistiques d'évolution du service de taxi pour le lundi et la compilation hebdomadaire de nos données.

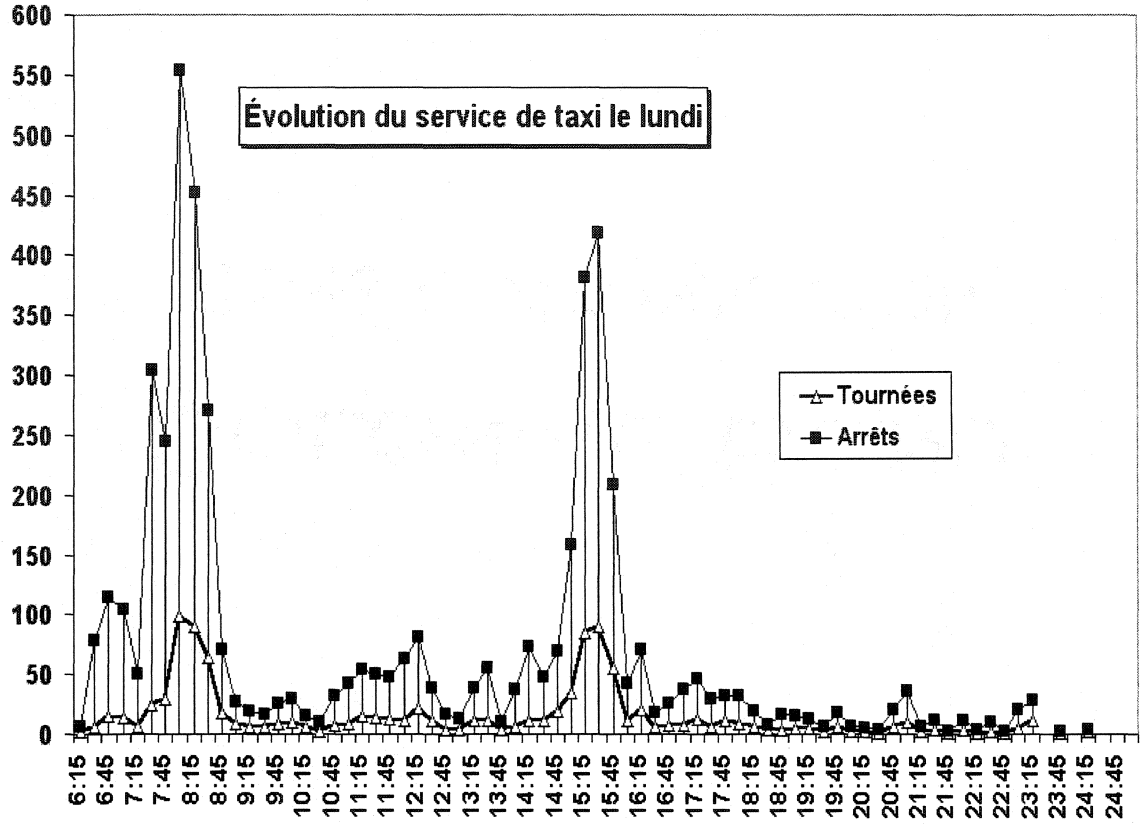


Figure 4.71 Évolution du service de taxi le lundi

Tableau 4.11 Compilation des tournées et arrêts par jour

Jour	Nombre de tournées	Nombre d'arrêts	Nombre de véhicules heures actifs
Lundi	1041	3845	1052
Mardi	1046	3888	1050
Mercredi	1020	3894	1038
Jeudi	1047	3898	1056
Vendredi	1012	3509	935
Samedi	292	512	149
Dimanche	238	393	118

Nombre de clients transportés

Le nombre de clients transportés pendant la semaine a été déterminé à partir du comptage des numéros de dossiers qui ont embarqué dans le véhicule pendant la réalisation d'une tournée. En moyenne, 3084 passagers sont transportés par jour en taxi pendant la semaine (du lundi au vendredi). 24% des tournées transportent 1 client et 50% transportent 2 passagers ou moins.

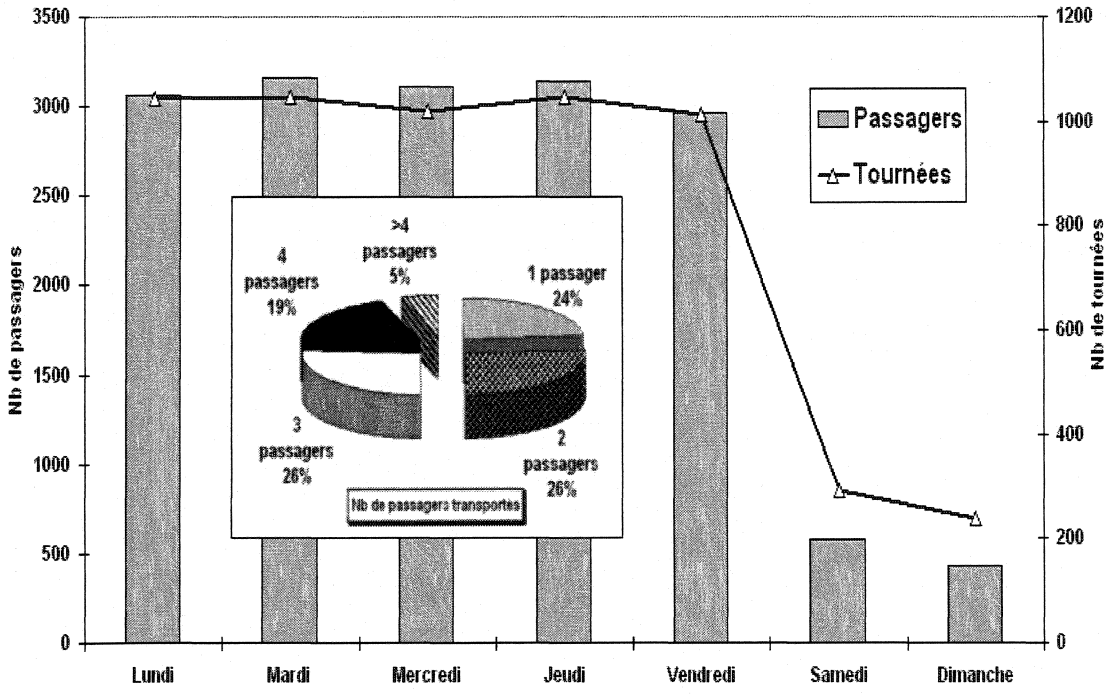


Figure 4.72 Passagers transportés pendant la semaine

Vitesses de parcours

La vitesse moyenne d'une tournée en taxi est de 22 km/h et la vitesse moyenne entre les arrêts est de 28 km/h. 56% des tournées font leurs parcours à une vitesse de moins de 20 km/h.

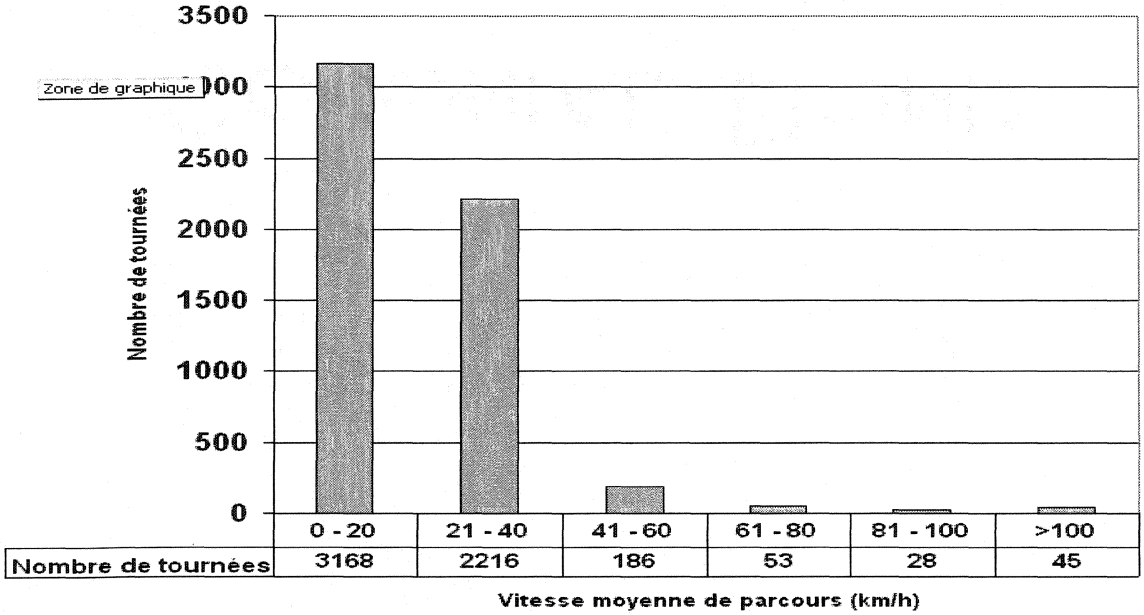


Figure 4.73 Relation entre la vitesse moyenne et le nombre de tournées

Indicateurs de consommation

Les indicateurs ont été calculés pour un échantillon de 5696 tournées réalisées pendant la semaine d'études. Les indicateurs de consommation pour une semaine d'opération sont présentés à la figure suivante.

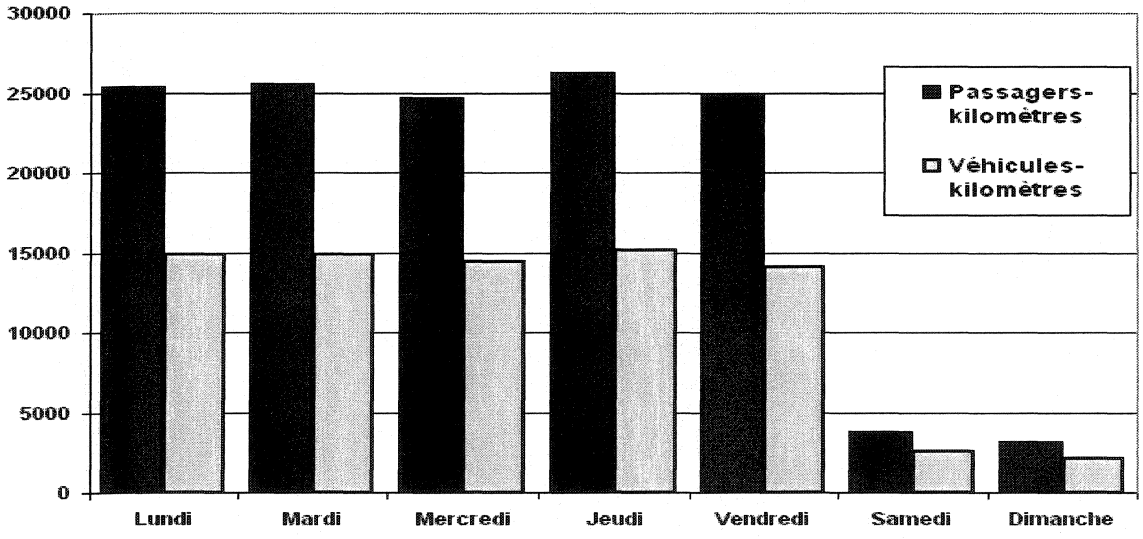


Figure 4.74 Indicateurs de consommation

Les passagers - kilomètres ont été calculés pour chaque tournée comme la somme de la multiplication des longueurs à vol d'oiseau entre deux arrêts par la charge entre les deux arrêts. Le nombre de véhicules – kilomètres est égale à la distance parcourue par le minibus pendant une tournée.

4.5 Conclusion du chapitre

L'analyse totalement désagrégée nous a permis de décortiquer le système de transport adapté dans chacune des objets. En regardant en détail ces objets, on a développé une meilleure compréhension de la mobilité des usagers, de l'exploitation du système et de l'utilisation du sol. Nos analyses ont permis aussi le dévoilement de plusieurs relations entre les propriétés des objets comme l'âge, le type de handicap, le temps, la localisation géographique. En même temps, un aperçu des comportements de plusieurs objets, générateurs, usagers, tournées, a été illustré.

La création des indicateurs de consommation et de productivité nous a aidé à montrer l'exploitation qui est faite de la flotte des minibus et à nous rendre compte de l'utilisation excessive du mode taxi pour combler la manque d'outils d'aide à la prise de décisions. L'ajout des systèmes d'aide à la prise de décisions, à la gestion et à la prévision de la demande et à l'ajustement de l'offre en conséquence seront des investissements les plus utiles à réaliser dans les organismes de transport adapté.

Le chapitre suivant présente les instruments qui permettront la visualisation des différents objets du transport adapté pour aboutir à des décisions plus éclairées. Les fonctionnalités offertes par quelques logiciels SIG sont illustrées pour aider à comprendre l'utilité de ces outils dans la prise de décisions et dans le développement d'analyses sur la gestion et prévision de la demande.

CHAPITRE 5. LES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE COMME OUTILS D'ANALYSE EN TRANSPORT ADAPTÉ

La croissante disponibilité des données sur les comportements et les besoins des usagers du transport adapté font que les tâches de planification et de prévision de la demande doivent s'appuyer sur les nouvelles technologies afin de rendre plus efficaces les méthodes de calcul de la demande, de la sélection des tournées ou de la création des horaires.

Les données des recensements réalisés dans une région combinées avec les données de l'opération d'un service de transport adapté constituent l'information disponible pour dériver les indicateurs nécessaires et pour générer les outils qui aideront à la prise de décisions. L'information disponible sur la taille de la population handicapée, l'origine et les destinations de ses déplacements quotidiens, les jours et l'heure de réalisation des déplacements ainsi que les données spatiales du domicile et du réseau de voirie peuvent être intégrées dans un système d'information géographique. Celui-ci analyserait alors les différents enjeux du transport adapté dans la région de Montréal.

Le présent chapitre n'a pas pour ambition d'évaluer les différents logiciels offerts sur le marché pour la création de systèmes d'information géographique (SIG), ni de recommander un logiciel particulier. L'utilisation de logiciels comme ARCExplorer® de ESRI et Christine® permettra de juger de la souplesse des SIG à montrer les différents objets qui font partie du transport adapté et à visualiser les défis que doivent affronter les planificateurs lorsqu'ils utilisent un SIG. Même si avec l'aide d'un SIG la visualisation des données spatiales et non spatiales se fait en secondes, la qualité des données et le traitement des données restent les facteurs les plus importants auxquels il faut faire face lorsqu'on veut développer un SIG.

5.1 L'information géographique

Les systèmes d'information géographique sont une représentation simplifiée de la réalité faite dans un ordinateur. Cette vue simplifiée du monde réel est souvent appelée un modèle et ce modèle permet de synthétiser les données dont la complexité et l'échelle spatiale deviennent impossibles à saisir d'une autre façon.

Les données recueillies dans l'observation d'un processus de la vie réelle, comme les déplacements effectués par les usagers du transport adapté, deviennent de l'information une fois qu'elles reçoivent une signification et qu'elles sont mises dans un contexte. Les données sont classifiées en deux catégories : les primaires et les secondaires. Les données primaires sont les données prises directement à la source comme les données opérationnelles (clients transportés, nombre de tournées, etc). Les données secondaires sont souvent recueillies par d'autres institutions et sont aussi primordiales pour le développement d'un SIG. Il s'agit alors des données de population d'une ville ou des données des infrastructures de voirie disponibles pour le service de transport adapté.

Les données ont toujours trois dimensions : temporelle, thématique et spatiale. Par exemple, dans les données sur les déplacements effectués pendant le lundi pour les usagers inscrits au service de transport adapté d'un organisme de transport, on peut identifier ces trois dimensions. La dimension temporelle définie par le jour, la dimension thématique définie par les déplacements et la dimension spatiale définie par la région desservie par l'organisme de transport adapté.

5.1.1 Le rôle des cartes topographiques dans un SIG

Les données spatiales constituent la base de la visualisation de l'information dans un système d'information géographique. Les données spatiales dans un SIG sont généralement présentées comme une référence spatiale dans un

système de coordonnées XY (carte). La méthode traditionnelle de présenter, stocker et analyser les données spatiales est la carte. Les cartes qui montrent un thème particulier sont nommées cartes thématiques (population, transport, etc.) et les cartes qui rassemblent divers thèmes sont appelées topographiques (carte qui regroupe l'information par rapport à l'utilisation du sol, du réseau de voirie, des routes de transport, etc.).

Même s'il existe différents types de cartes, le processus d'élaboration d'une carte suit toujours une même procédure (Robinson et al., 1995). Cette procédure doit considérer les aspects suivants.

L'objectif de la carte

Généralement le but de toute carte est de transformer les données en une information qui sera transmise aux planificateurs ou aux usagers. Dans le cas du transport adapté, la carte montre la localisation des personnes inscrites au service, la localisation des principaux générateurs ou le parcours réalisé par une tournée. Si un organisme de transport adapté décide d'établir une route fixe de transport, une carte sert à informer les usagers sur le parcours, les arrêts et l'horaire des minibus ou taxis.

La définition de l'échelle

L'échelle indique la proportion de la réalité qui est représentée dans une carte. L'échelle est généralement définie comme un ratio des distances (1 :5000), de façon nominale (1 cm représente 100 mètres) ou avec une échelle graphique (0____100km).

Les cartes topographiques produites par «Ressources naturelles Canada» sont disponibles à deux échelles, 1/50.000 et 1/250.000. Au Québec, on trouve des cartes topographiques à une échelle de 1/20.000 et moins. L'échelle graphique

est la plus fréquemment utilisée dans les cartes produites par ordinateur en raison de sa souplesse pour refaire des calculs quand un changement d'échelle est fait.

La définition des entités spatiales

Les entités spatiales qui s'utilisent dans le développement d'un SIG sont les points, les lignes et les superficies (polygones). Ces modèles à deux dimensions sont les plus aptes à représenter le monde réel. Le choix de l'une ou l'autre entité pour représenter un objet dépend de l'échelle qu'on a définie. Par exemple, une ville représentée sur une carte à grande échelle est mieux représentée par une superficie que par un point.

La projection géographique

Toutes les entités spatiales qui font partie d'un projet SIG doivent être localisées dans un système de coordonnées XY. Pour obtenir la représentation de la superficie courbe de la terre dans une superficie plate, les cartographes ont conçu la méthode de projection. Dépendantes de la superficie sur laquelle la courbe de la terre est projetée, les méthodes de projection sont divisées en cylindrique, azimutale ou conique.

Le type de projection cartographique cylindrique, projection de la superficie de la terre dans un cylindre qui entoure la terre (voir figure 5.1), est la plus utilisée parce qu'elle comporte le moins de déformations. La projection cartographique «Universelle transverse de Mercator» (UTM) est un type cylindrique.

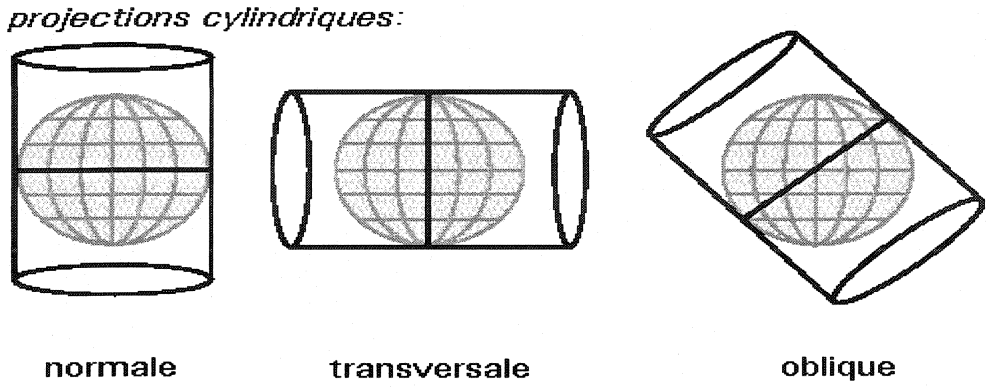


Figure 5.1 Projections cartographiques cylindriques

La projection UTM représente la terre divisée en soixante fuseaux de 6° en longitude et qui vont du sud au nord. Les soixante zones ont été numérotées et les fuseaux 7 à 22 couvrent le Canada. Au Québec, les cartes topographiques utilisent une projection dérivée de la UTM qui est nommée MTM (Modified Transverse Mercator). La projection MTM divise le territoire du Québec en 7 fuseaux de 3° de longitude numérotés de 3 à 10. Ce système est unique au Québec et permet de diminuer la distorsion. Par conséquence, il augmente la précision des cartes à grande échelle (1 :1000; 1 :20 000).

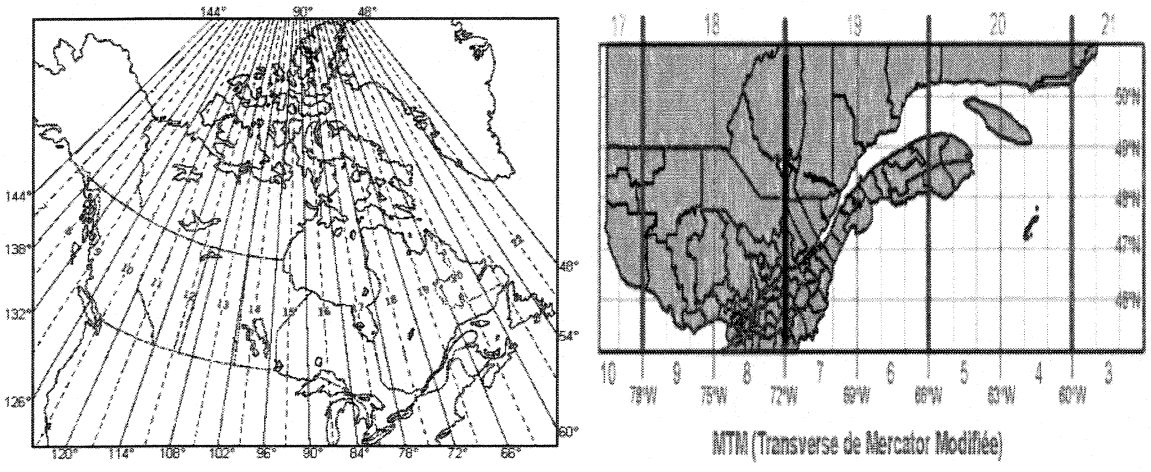


Figure 5.2 Projections UTM et MTM

(source : www.ggr.ulaval.ca)

La référence spatiale ou géodésique

Il y a trois façons de localiser un point à l'intérieur des fuseaux utilisés par les projections UTM ou MTM : avec un système géographique de coordonnées (longitude, latitude), avec un système rectangulaire de coordonnées (UTM, MTM) ou avec un système sans cordonnées (code postal). La projection UTM utilise un quadrillage rectangulaire de 100.000 mètres d'intervalle et les carrés formés par l'intersection de lignes à 100.000 mètres sont subdivisés par des lignes à 10.000, 1.000 et parfois 100 mètres d'intervalle selon l'échelle et l'objectif de la carte.

Les coordonnées cartographiques sont basées sur un système de référence géodésique qui est différent selon l'endroit où on est situé sur la terre. En Amérique du nord s'utilisent les systèmes Nord American Datum 1927 (NAD27) et Nord American Datum de 1983 (NAD83). La différence entre ces deux systèmes est le point de référence utilisé ; NAD27 utilise un point de référence situé sur la surface terrestre (Kansas) et NAD83 utilise un point de référence situé au centre de la terre.

La topologie

La topologie est le terme utilisé pour décrire les caractéristiques géométriques des entités spatiales (objets) qui ne changent pas avec les transformations réalisées sur l'entité même. Par exemple, le fait de changer l'échelle n'affecte pas les conditions d'adjacence d'une superficie par rapport à une autre. Les trois éléments constitutifs de la topologie sont l'adjacence, l'inclusion et la connectivité. L'adjacence et l'inclusion sont des propriétés géométriques qui décrivent la relation entre des entités de type surfaciques (polygones). L'adjacence montre les entités qui ont des côtés communs et l'inclusion montre les entités qui sont complètement à l'intérieur des autres entités. La connectivité

est une propriété géométrique utilisée pour décrire les liens qui existent entre entités de type ligne (liens).

5.1.2 Les attributs liés aux données spatiales

Les attributs sont les données non – spatiales associées à chaque entité spatiale. Comme par exemple, l'objet client sur un système de transport adapté est représenté par un point qui montre sa localisation en coordonnées XY mais en même temps le client a des caractéristiques non – spatiales comme l'âge, le sexe et le type de handicap. Ces attributs ont aussi certaines propriétés comme par exemple l'unité de mesure utilisée pour rapporter une caractéristique particulière. Pour la propriété «numéro de tournée», l'unité de mesure est un texte (i.e. 0001, T00450001) et pour la propriété «taux d'occupation», c'est une valeur (i.e. 20%, 10%). Chaque attribut des données utilise une échelle de mesure différente, qui peut être dite nominale, ordinale, intervalle et ratio. Le tableau suivant montre des exemples des unités et des échelles de mesure pour différentes données.

Tableau 5.1 Unités et échelles de mesure

Donnée	Unité de mesure	Échelle
No. de dossier	Numérique	Nominale
Type de handicap	Texte	Nominale
% d'occupation	Numérique	Ratio
Âge	Numérique	Ordinale

5.1.3 Les formats utilisés pour les données d'un SIG

Le nombre de formats utilisés pour les données SIG est aussi large que le nombre de logiciels de SIG qui existent sur le marché. Pour cette raison, le partage de données entre un logiciel et un autre n'est pas toujours facile.

Heureusement, la majorité des logiciels SIG ont comme fonctionnalité standard la conversion des données d'un format à un autre. On trouve des formats vectoriels facilement interchangeables comme les fichiers d'extension .DXF développés par Autodesk, les fichiers d'extension SHP développés par ESRI, les fichiers d'extension .DRA utilisés par le logiciel MapMaker® ou les fichiers d'images (formats rasters) avec des extensions .BMP ou .JPG.

Les fichiers «SHAPEFILES» ou de forme, exploités par le logiciel ArcExplorer® de ESRI sont composés d'un ensemble de 3 dossiers obligatoires. Le dossier principal (.shp) qui stocke la géométrie ; il est toujours associé à un dossier d'index (.shx) et un dernier dossier de données (.dbf) qui stocke les attributs des objets. Chaque fichier «SHAPEFILE» contient l'information d'un seul type d'objet soit des points, des lignes ou des polygones.

La création de plusieurs fichiers «Shapefile» nous a permis de visualiser les différents objets du transport adapté qui sont définis dans notre base de données. Ces représentations graphiques sont illustrées dans la section 5.4.

5.2 La modélisation des données spatiales

Un modèle SIG peut être divisé en deux parties : un modèle des entités spatiales et un modèle des processus spatiaux. Le modèle des entités spatiales montre la structure et la distribution des entités dans l'espace. Le modèle des processus spatiaux considère les relations entre ces entités.

La modélisation des entités spatiales implique la simulation du monde réel dans un ordinateur en faisant un processus qui se développe en trois étapes. Le premier étape est l'identification des entités spatiales qui sont d'intérêt dans le contexte de notre application et dans la façon de les représenter. La deuxième

étape consiste à choisir le type de modèle pour représenter de façon conceptuelle la réalité. On peut choisir entre deux types de modèles spatiaux, le matriciel ou le vectoriel, mais normalement les logiciels utilisés ont déjà défini le modèle par défaut. La troisième étape est la sélection de la structure des données spatiales la plus appropriée pour stocker et manipuler les données dans l'ordinateur.

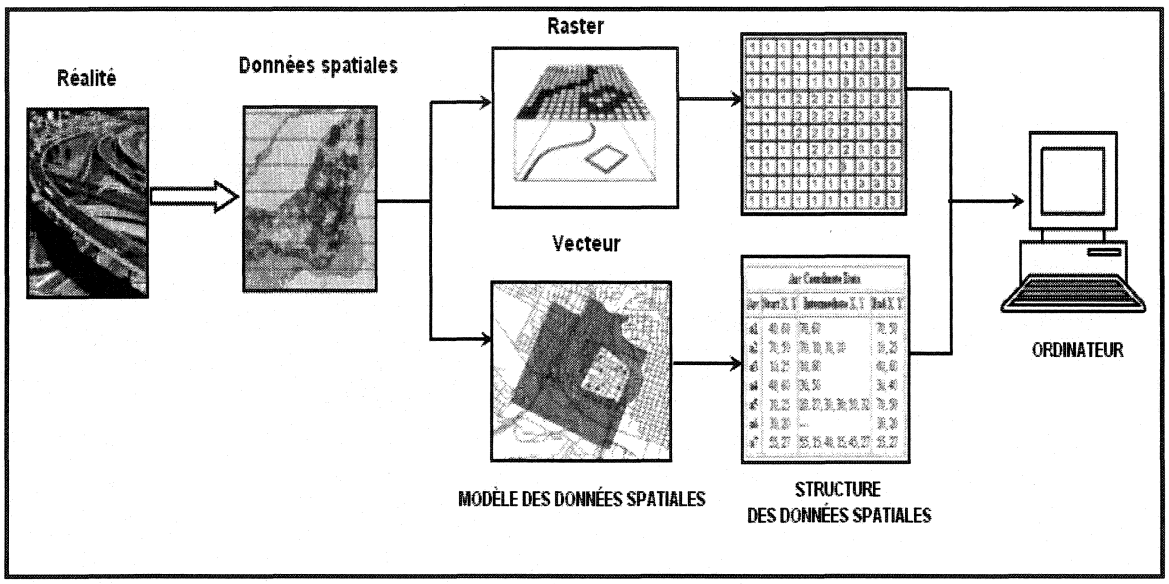


Figure 5.3 Processus de modélisation des données spatiales

5.2.1 Définition des entités

Les entités spatiales sont représentées en deux dimensions de trois façons différentes : par points, par lignes et par polygones. Deux autres façons de représenter les entités dérivées des concepts de superficie et ligne sont les réseaux et les surfaces. Les entités de type surface sont les plus appropriées pour représenter les entités qui ont un comportement continu, c'est-à-dire que leur valeur change dans l'espace comme la densité de population des handicapés d'un secteur par rapport à un autre. Les entités de type réseau sont

utilisées pour représenter une série de lignes à travers lesquelles il existe un flux d'objets comme les réseaux de voiries. La figure suivante montre de façon simple le modèle des entités spatiales pour le transport adapté.

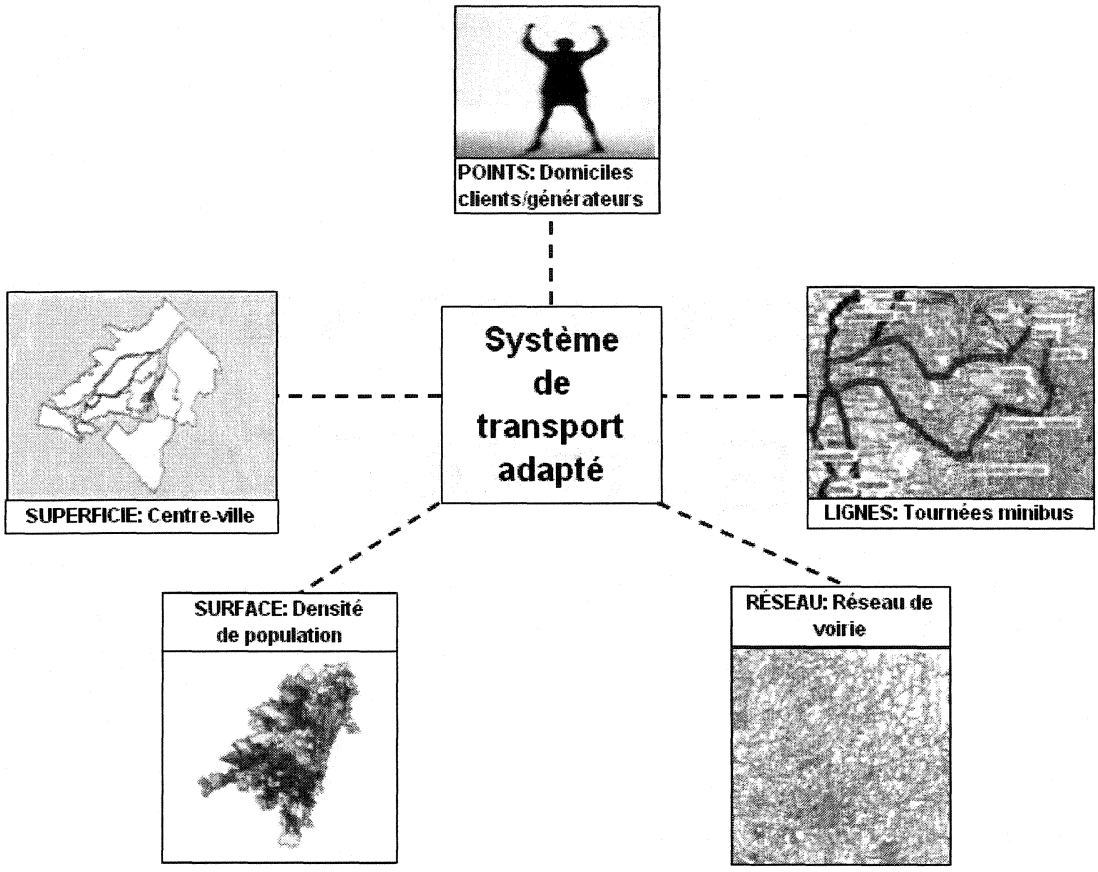


Figure 5.4 Modèle des entités spatiales

La définition du type d'entité à assigner à un objet particulier dans notre modèle est essentielle pour réussir à bien développer notre application SIG.

5.2.2 Choix du modèle des données spatiales

Il existe deux façons de modéliser les données spatiales par ordinateur pour arriver à manipuler et à présenter les différentes entités spatiales : les matriciels

et les vecteurs. Dans la modélisation des données spatiales à partir de « rasters », les entités sont formées par la liaison de cellules contenues dans une grille. Les points sont représentés par une cellule discrète, les lignes sont la liaison de plusieurs cellules et les superficies résultent du regroupement des cellules en blocs. La taille de la grille influence directement le degré de résolution de l'entité.

La modélisation vectorielle des données spatiales utilise des coordonnées cartésiennes (XY) pour représenter la forme de l'entité. Le point (représenté par des coordonnées XY) est la base pour créer les autres entités (lignes, superficies). Le nombre de points qui définissent une entité est très important pour avoir un bon degré de résolution de l'entité.

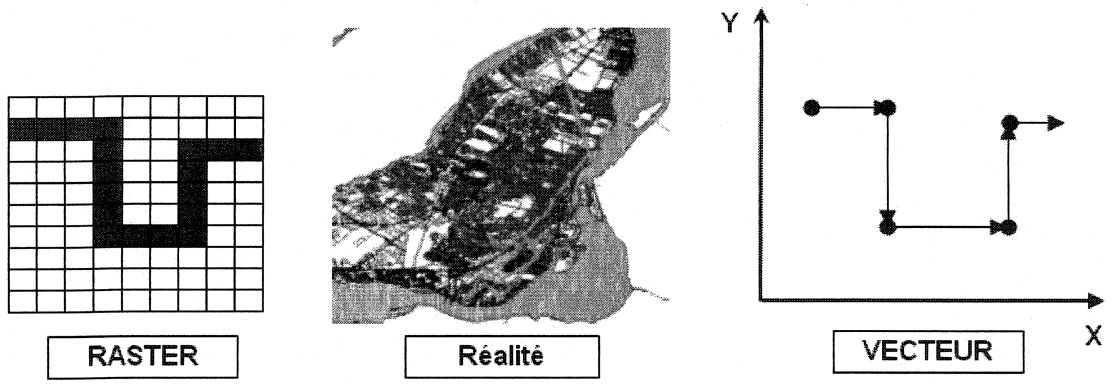


Figure 5.5 Modèles matriciel et vectoriel

5.2.3 Sélection de la structure des données spatiales

Le choix du modèle des données spatiales (matriciel ou vectoriel) nous amène directement à sélectionner la structure des données spatiales. Dans le cas du modèle vectoriel choisi pour représenter notre système de transport adapté, les données utilisées pour reproduire les différentes entités dans l'ordinateur présentent une structure topologique. La structure topologique permet d'établir la

connectivité qui existe entre les entités en minimisant le volume des données et le temps de manipulation des données. La topologie d'une entité de type point est déterminée par sa localisation spatiale par rapport aux autres points (coordonnées XY). Les lignes sont une séquence ordonnée de points qui définissent les points d'origine et de fin (connus comme liens). Les entités de superficie sont formées de points (nœuds) et de liens qui sont connectés pour définir les frontières de chaque superficie.

Il y a plusieurs types de structures topologiques qui s'utilisent pour la création des applications SIG, mais toutes les structures existantes essaient de s'assurer:

- Qu'il n'y a pas de nœuds ou de liens dupliqués
- Que les nœuds et les liens peuvent être référencés à plusieurs polygones (superficies)
- Que tous les polygones ont un identificateur unique
- Que les polygones isolés (inclus dans d'autres polygones) sont représentés.

La figure suivante montre une structure topologique possible pour les données spatiales du transport adapté.

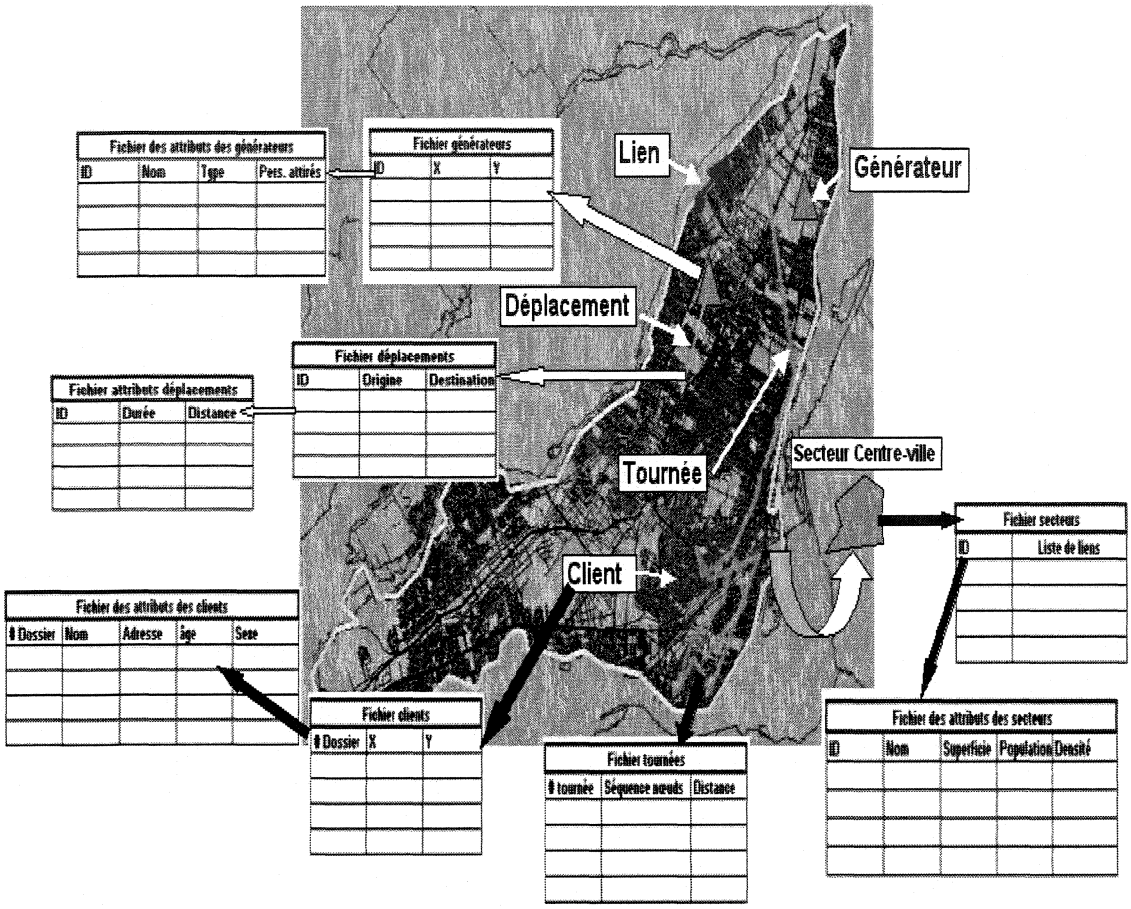


Figure 5.6 Structure topologique des données spatiales sur le transport adapté

5.2.4 La modélisation des réseaux

La modélisation des réseaux de voiries ou de tournées de minibus ou taxis est essentielle pour développer une application SIG dans un système de transport comme le transport adapté. Un réseau est une interconnexion des entités linéaires au travers desquelles se produit un trafic de véhicules ou de personnes. La modélisation vectorielle de données spatiales s'avère la meilleure façon pour réaliser une analyse de réseau plus complète. Dans le modèle vectoriel d'un réseau, les lignes deviennent des liens du réseau qui représentent les voies ou

les étapes d'une tournée. Les nœuds constituent les points d'intersection ou les arrêts de la tournée. En plus, plusieurs attributs peuvent être assignés à chacun des éléments qui constituent le réseau, comme les caractéristiques des générateurs ou les vitesses de circulation dans un lien particulier à une heure particulière. La figure 5.7 présente le modèle vectoriel simplifié d'une tournée pour le transport adapté.

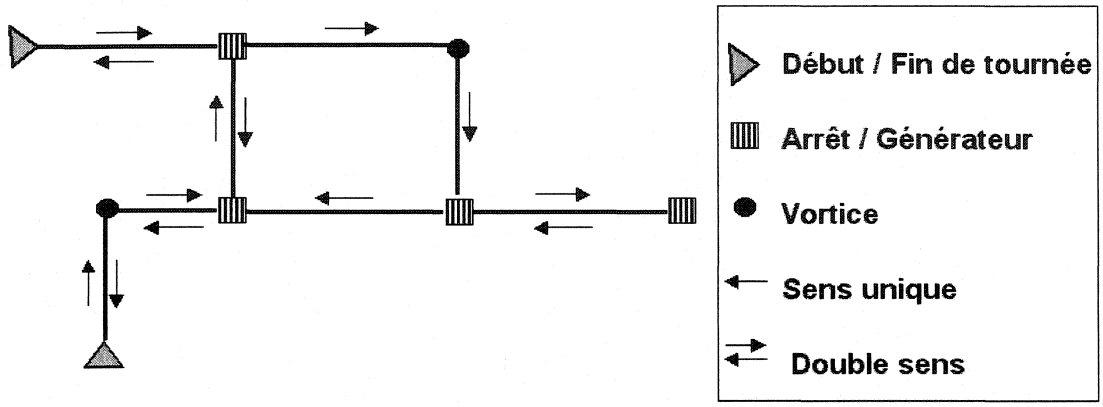


Figure 5.7 Modèle vectoriel simplifié d'une tournée

Dans la modélisation d'un réseau, il y a trois caractéristiques très importantes à considérer : l'impédance, l'offre et la demande. L'impédance est le coût associé à l'utilisation du réseau. Du point de vue de l'opérateur, l'impédance est représentée par le temps, l'essence et le salaire consommés pour réaliser une tournée. L'offre constitue les ressources mises à disposition pour satisfaire la demande du service de transport adapté (nombre de véhicules ou de tournées disponibles) et la demande est définie par l'utilisation qui est faite d'une ressource par une entité déterminée (nombre de déplacements par jour).

5.2.5 Le monde dans une boîte

Comme il a été présenté dans les sections précédentes, le stockage des entités est fait en utilisant un modèle des données spatiales (matriciel ou vectoriel) et la

structure des données associées. Les logiciels spécialisés en SIG font le regroupement des différentes entités de deux façons : par couches ou par l'approche orientée – objet. La méthode la plus utilisée est la structuration de l'information spatiale par couches. Chaque couche contient l'information spatiale d'une entité et les attributs associés. La figure suivante montre l'approche de structuration de l'information par couches.

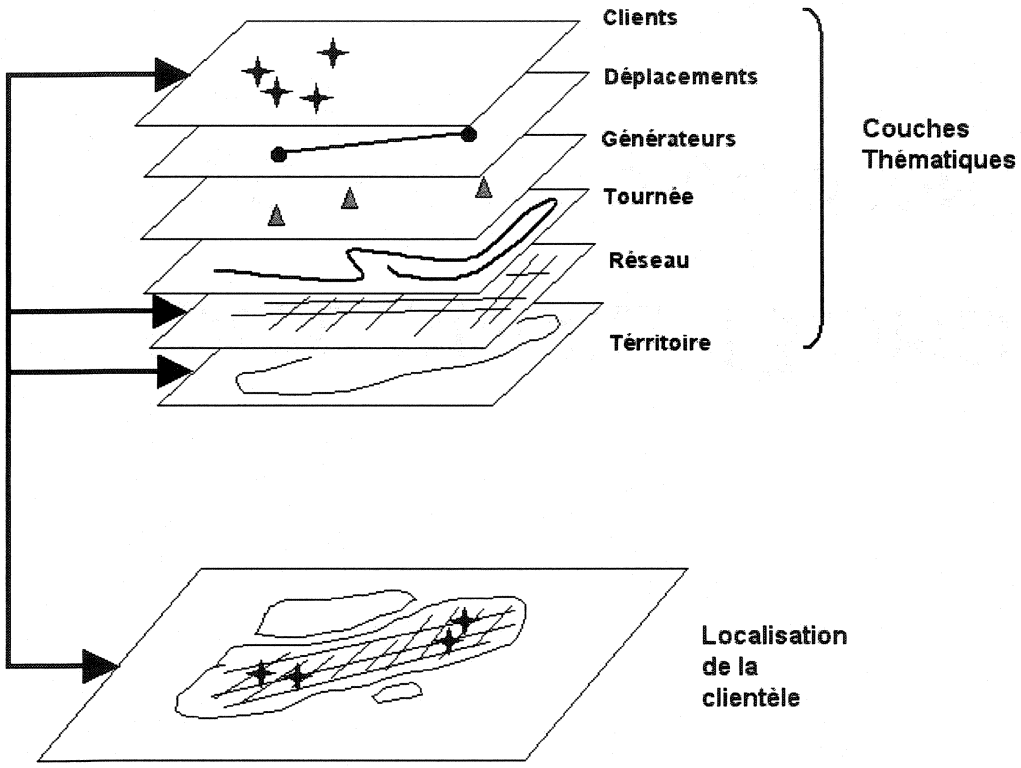


Figure 5.8 Structuration par couches

Une autre approche récemment utilisée pour la visualisation des entités géographiquement référencées est la structuration par objets et groupes d'objets, nommée approche orientée – objet (OO). L'approche OO permet d'observer la réalité de façon moins abstraite parce que chaque entité est traitée comme un objet qui peut entreposer plus d'information, pas seulement relativement aux caractéristiques de l'objet mais aussi à sa hiérarchie dans une

classe d'objets. Par exemple, l'objet déplacement peut stocker l'information des temps de début, de fin et de distance parcourue et en même temps inclure l'information relative à sa position dans la séquence de déplacements d'une tournée. La définition des objets et de leur appartenance à une classe spécifique permet de réaliser une plus grande variété d'opérations avec ses attributs spatiaux et non spatiaux.

Les nouvelles avances dans les technologies des SIG nous permettent aussi la modélisation de la troisième (Z) et de la quatrième (temps) dimension des entités qui constituent un modèle spatial des données. Les compagnies spécialisées dans le développement des applications SIG mettent beaucoup d'effort pour intégrer des fonctionnalités dans les logiciels SIG qui permettront la modélisation en 3D et la visualisation des changements des entités à travers le temps.

5.3 La gestion de données spatiales et non spatiales

Les SIG font la gestion de deux types de données : les données spatiales et les non spatiales (attributs). Les SIG utilisent les systèmes de gestion de bases de données (SGBD) pour gérer le stockage, l'extraction et la modification des données. Il existe différents modèles de bases de données utilisés par les SIG pour gérer les données non spatiales. Les modèles plus utilisés sont le hiérarchique, de réseau, le relationnel et l'orienté objet. Actuellement le modèle de bases de données relationnel est le préféré des développeurs de logiciels SIG. La structuration en tables contenant l'information de chaque entité et la possibilité de créer des «tables virtuelles» selon les besoins des usagers permet une souplesse majeure et la production plus rapide de requêtes sur les données. Le développement du langage SQL (Standard Query Language) a permis la construction rapide des requêtes en utilisant un langage de type anglais qui le rend plus simple.

La création de la base de données reste toujours l'étape la plus importante. La conception des bases de données est gouvernée par les relations qui existent entre les données qui vont faire partie des bases. Pour cette raison, la modélisation des relations existantes entre les entités doit être faite d'une manière rigoureuse en suivant les étapes suivantes : l'identification des entités, l'identification des relations entre entités, l'identification des attributs des entités et finalement la création des tables des données. La création d'un diagramme de la modélisation des attributs des entités (MAE) est toujours utile à l'heure de décider quelles sont les tables à inclure dans la base de données relationnelle. La figure suivante montre un exemple de diagramme MAE pour le transport adapté et les différentes tables à créer. Les relations entre les différents attributs sont de type un à plusieurs (1:M) et sont décrites par une action (une tournée « transporte » plusieurs clients). Les tables nous montrent d'une façon simple l'organisation des données dans une structure relationnelle.

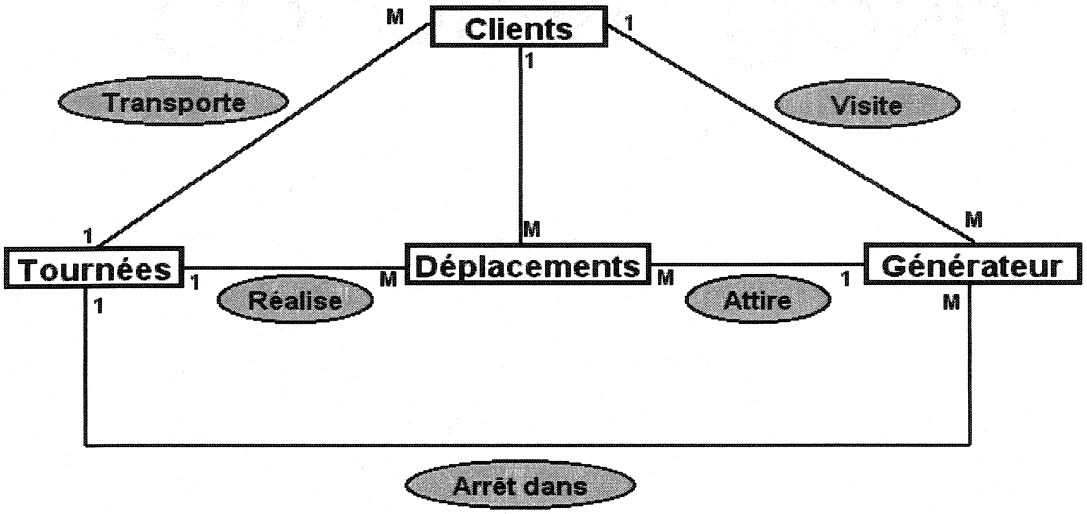


Table 1. Clients

ID	Nom	Adresse	Sexe

Table 2. Déplacements

ID déplac	Origine	Dest.	ID client	ID Tournée	ID générat.	Autres attributs

Table 3. Tournées

ID Tournée	Hr début	Hr fin	ID déplac	ID Clients	ID générat.	Autres attributs

Table 4. Générateurs

ID	Type	Autres attributs

Table virtuelle 1. Déplacements par générateur

ID Générat.	ID Déplacem.

Table virtuelle 2. Clients transportés dans une tournée

ID Tournée	ID Clients

Figure 5.9 Diagramme MAE pour le transport adapté

La liaison entre les données non spatiales (attributs) et les données spatiales, particulièrement dans les modèles qui utilisent une structure vectorielle, est faite par l'intégration des tables des attributs contenues dans le SGBD et les données spatiales qui sont stockées dans la structure du SIG. Cette intégration est réalisée en assignant un identificateur unique aux entités spatiales dans le SIG.

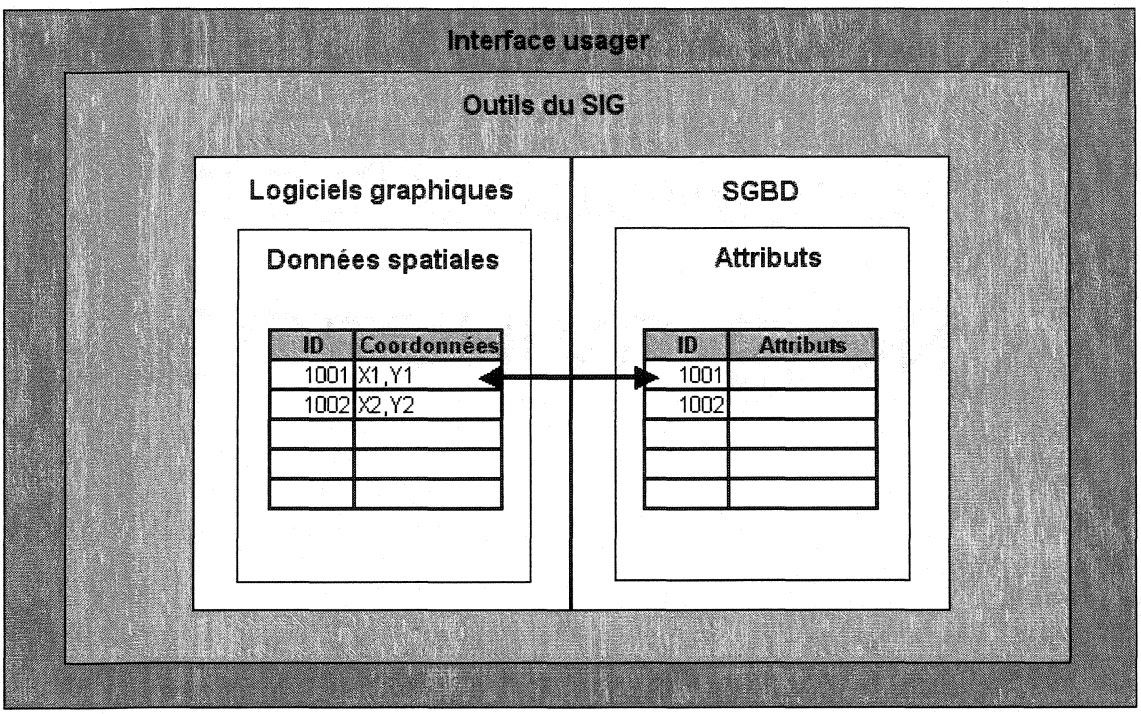


Figure 5.10 Intégration des données spatiales et non spatiales

Les modèles des bases de données avec une approche relationnelle ont plusieurs limitations : l'incapacité de gérer les données temporelles et spatiales et l'impossibilité du langage SQL d'exprimer des concepts spatiaux comme «proche de» ou «loin de». Pour cette raison, les développeurs des logiciels SIG ont mis beaucoup d'efforts dans le développement de l'approche orientée – objet (OO) pour la conception des bases de données.

L'approche orientée – objet est plus appropriée que l'approche relationnelle parce qu'elle permet la modélisation des objets de la vie réelle plus complexes, parce qu'elle intègre les données spatiales et les attributs et parce qu'elle facilite les opérations graphiques. Les principales caractéristiques qui font que l'approche OO est plus utile au moment de modéliser les systèmes géographiques sont :

- L'encapsulation : cette notion illustre le processus voulant que le code de programmation associé à l'objet ne soit pas visible de l'extérieur, les autres objets de l'application ne pouvant communiquer avec l'objet encapsulé qu'à l'aide d'entrées : méthodes, propriétés, événements (MONTGOMERY, 1994).
- L'héritage : l'habilité d'hériter certaines caractéristiques des autres objets.
- Le polymorphisme : les méthodes appliquées à un objet s'adaptent aux changements de l'objet.

5.4 Analyse de données

Une fois que les données sont intégrées dans un système d'information géographique, l'usager peut transformer les données en informations qui vont aider à la prise de décisions dans l'application développée. La plupart des logiciels SIG offrent des fonctionnalités pour réaliser une analyse détaillée des données. En utilisant les données disponibles sur le service de transport adapté offert pendant une semaine, nous montreront ici l'application des fonctionnalités d'analyse de données contenues dans certains logiciels comme ArcExplorer® et Christine®.

5.4.1 La mesure des distances, périmètres et superficies en SIG

Les distances calculées dans un SIG varient avec le type de modèle utilisé (matriciel ou vectoriel). Dans les modèles vectoriels, les distances sont mesurées en utilisant le théorème de Pythagore pour obtenir la distance Euclidienne. Les périmètres sont calculés par la somme des longueurs des lignes qui constituent le polygone et les superficies sont calculées en subdivisant l'entité en formes géométriques simples qui s'additionnent. Les distances, périmètres et superficies des entités sont calculés une fois et peuvent après être stockés comme des

nouveaux attributs. Les figures suivantes présentent les différentes applications de ce type de fonctionnalités dans notre base de données.

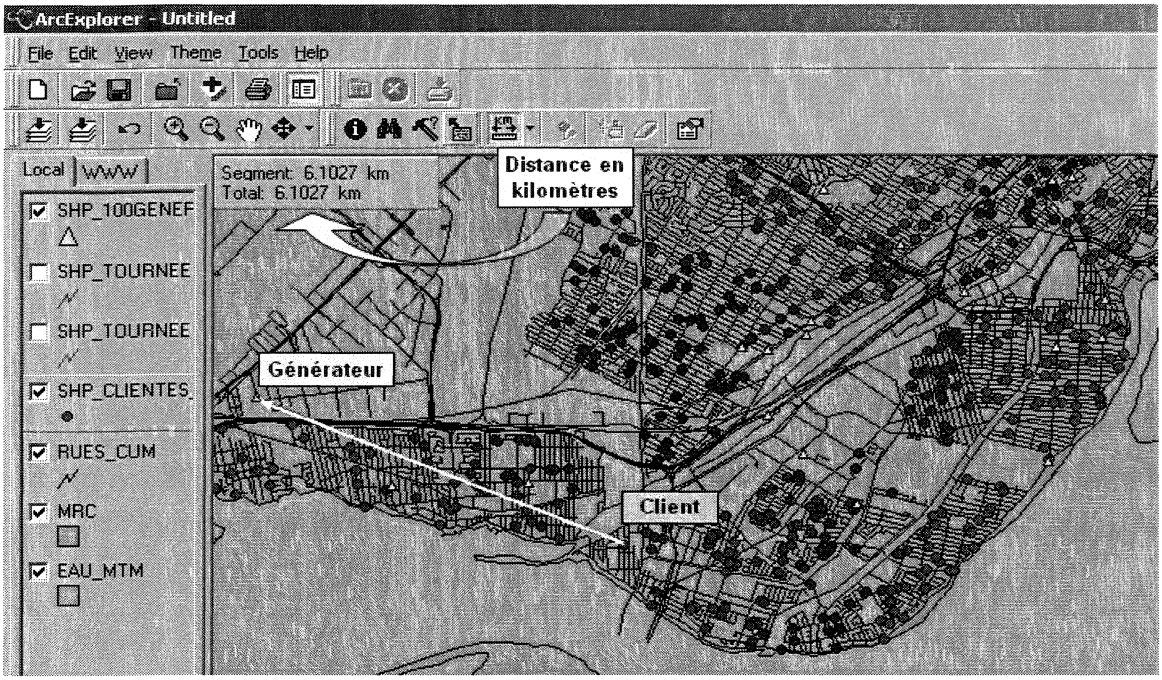


Figure 5.11 Mesure de la distance VDO entre le domicile du client et un générateur (Hôpital Douglas).

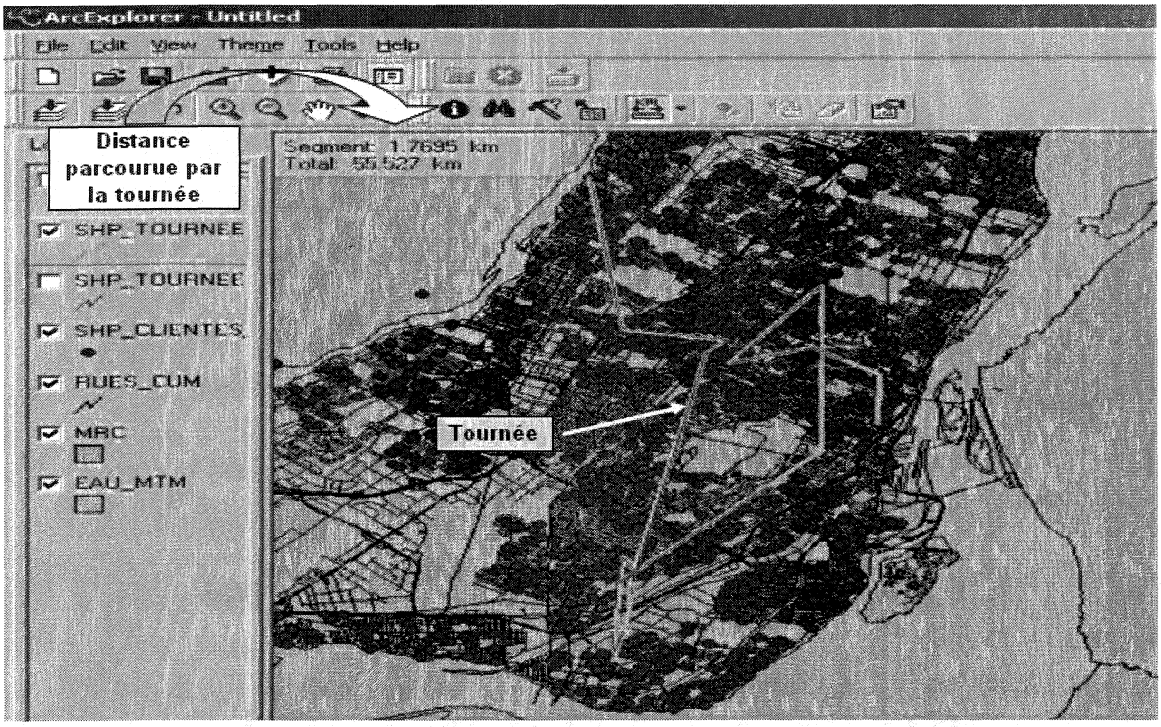


Figure 5.12 Mesure de la distance parcourue par une tournée

5.4.2 Les requêtes

L'exécution des requêtes est une fonction essentielle des applications SIG. On utilise les requêtes pour extraire une information spécifique à un objet. Il y a deux types généraux de requêtes qui peuvent être exécutées avec un SIG : les spatiales et les non spatiales. Les non spatiales nous permettent d'interroger l'objet sur ses attributs. Par exemple, la question : Combien de handicapés avec un statut étudiant habitent au Centre-ville ?, constitue une requête non spatiale parce que la réponse n'implique pas une analyse des composantes spatiales de notre base de données. Par contre, la question : Où habitent les handicapés qui ont un handicap intellectuel ?, requiert l'analyse des données spatiales et sa réponse peut être présentée dans une carte.

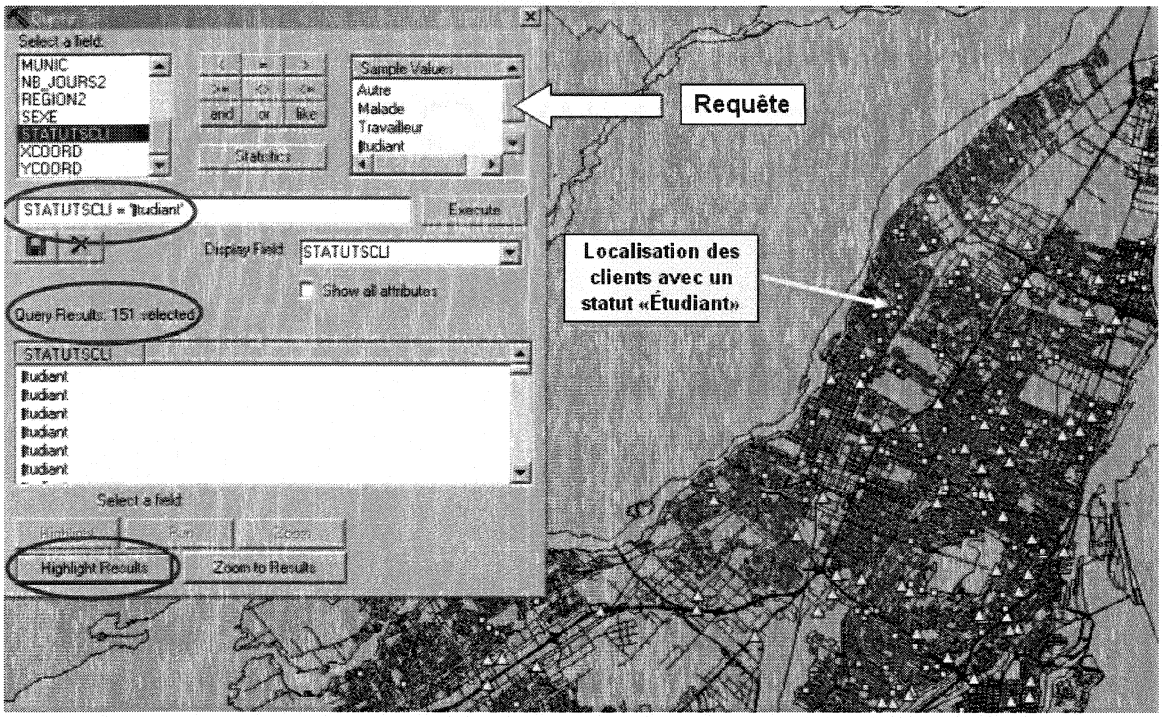


Figure 5.13 Requête sur un attribut de l'objet client

Les requêtes peuvent être combinées pour identifier les entités qui satisfont deux critères ou plus, spatiaux ou non spatiaux. En utilisant les opérateurs «Booleans» AND, NOT, OR et XOR, les questions combinées comme : Où habitent les handicapés moteurs qui ont un statut de travailleurs? peuvent être facilement résolues et visualisées avec un SIG. Les figures suivantes présentent des exemples de requêtes effectuées sur notre base de données.

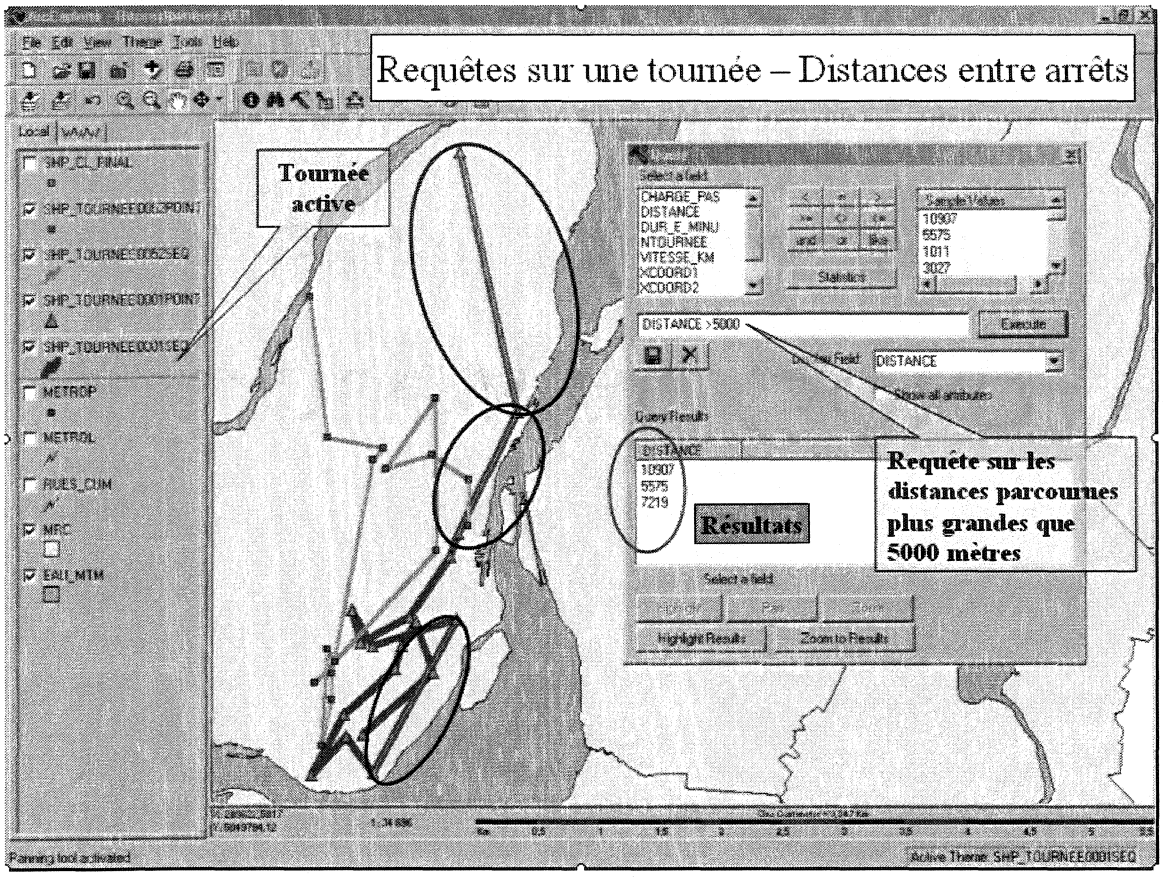


Figure 5.14 Requête sur les distances parcourues par une tournée

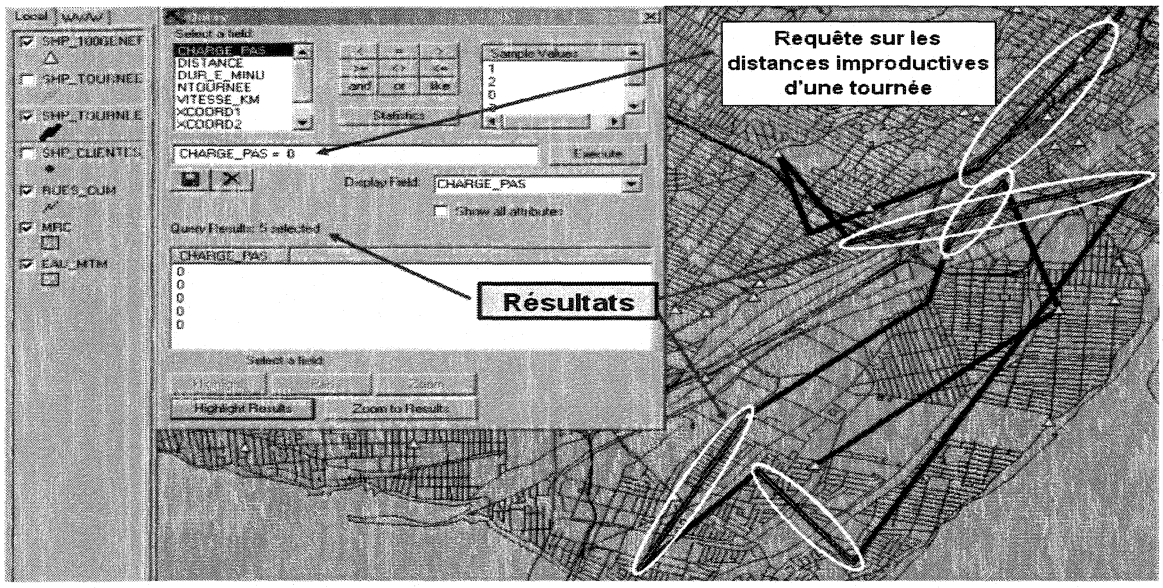


Figure 5.15 Requête sur les distances improductives d'une tournée

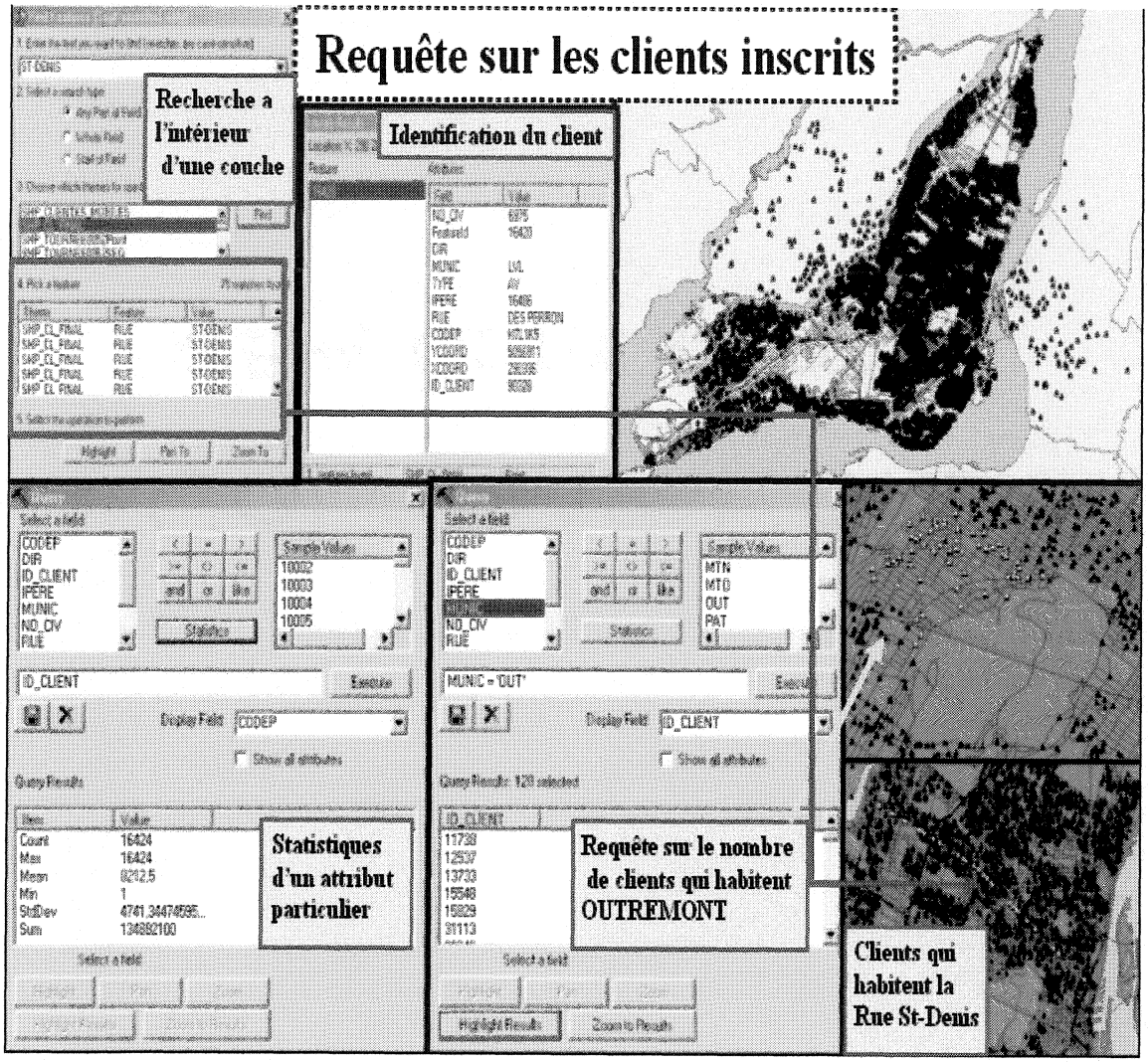


Figure 5.16 Requêtes sur les clients inscrits

5.4.3 Le reclassement

Le reclassement est une fonction utilisée sur les modèles matriciels. Le reclassement permet de donner une nouvelle valeur aux cellules qui représentent une entité spécifique. Par exemple, si les cellules qui représentent une densité de population de 10 handicapés par kilomètres carrés ont la valeur 10, cette fonction permet de changer la valeur en 1 et de changer la valeur de toutes les autres cellules qui n'ont pas une valeur de 10 à 0. Cette fonction

permet d'obtenir une nouvelle image qui pourra être exploitée dans une analyse postérieure.

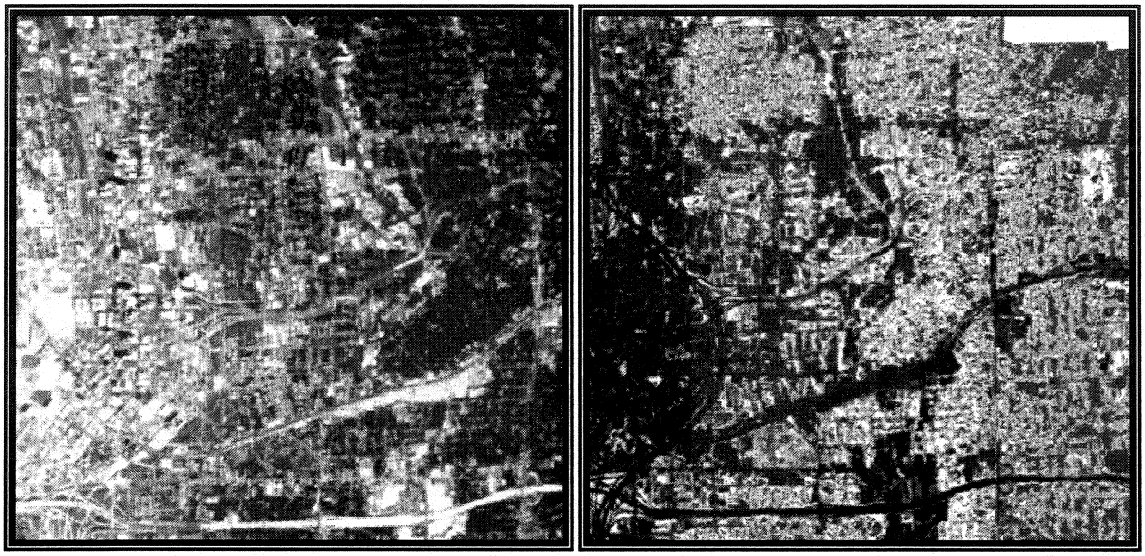


Figure 5.17 Reclassement d'un modèle matriciel
(source : http://www.ersc.wisc.edu/academics/courses)

5.4.4 La fonction de création des corridors (Buffering)

La fonction «Buffering» permet d'identifier une zone d'intérêt autour d'une entité ou d'un groupe d'entités. Si une entité de type point est «Buffered», une zone circulaire est créée autour de ce point. La création du «Buffering» dans une entité de type ligne ou superficie est plus compliquée. Pour les entités de type ligne, la plupart des logiciels SIG dessinent une zone circulaire avec le rayon requis autour de la fin de la ligne et ce cercle est déplacé le long du segment. Le sentier tracé par le déplacement du cercle définit la limite de la zone de «Buffering». Un exemple d'utilisation de cette fonction est la création d'une zone de «Buffering» dans une tournée fixe qui débute à un endroit précis et qui finit au même endroit. L'analyse d'une zone de «Buffering» autour de la tournée nous permettra de découvrir les clients potentiels qui utiliseront le service.

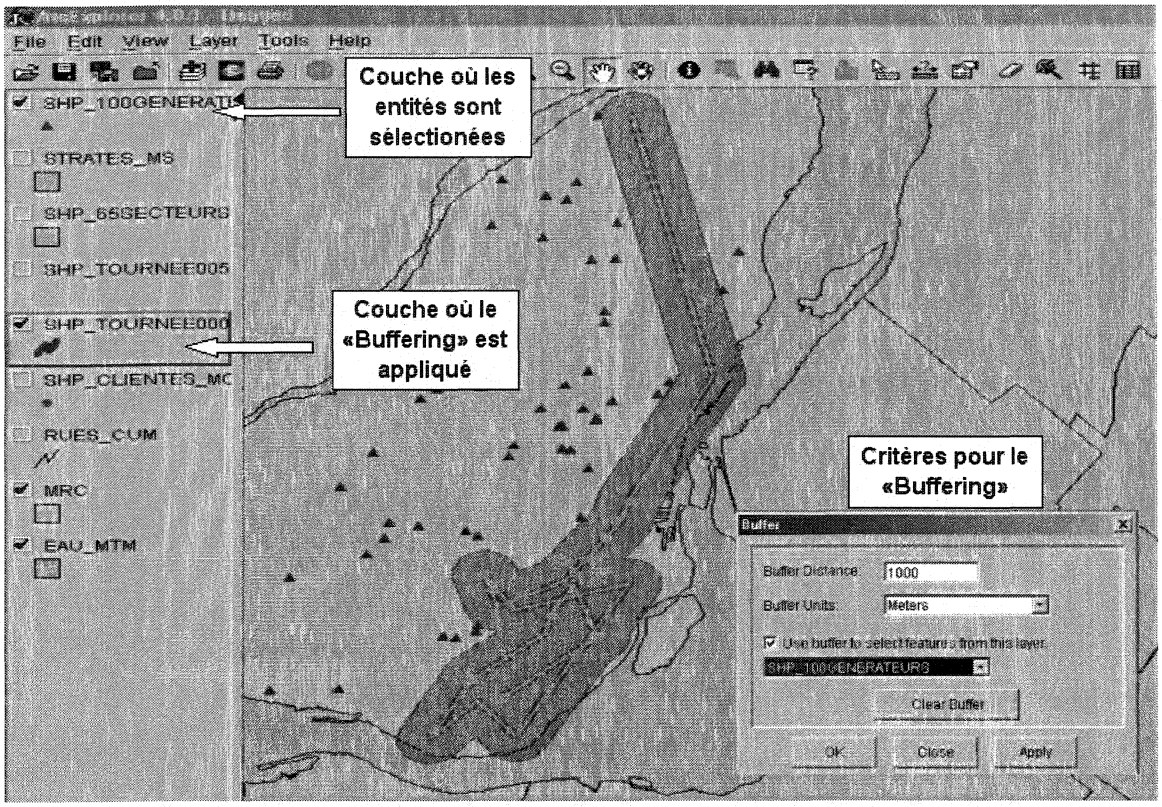


Figure 5.18 «Buffering» d'une tournée pour déterminer les générateurs à 500 mètres autour

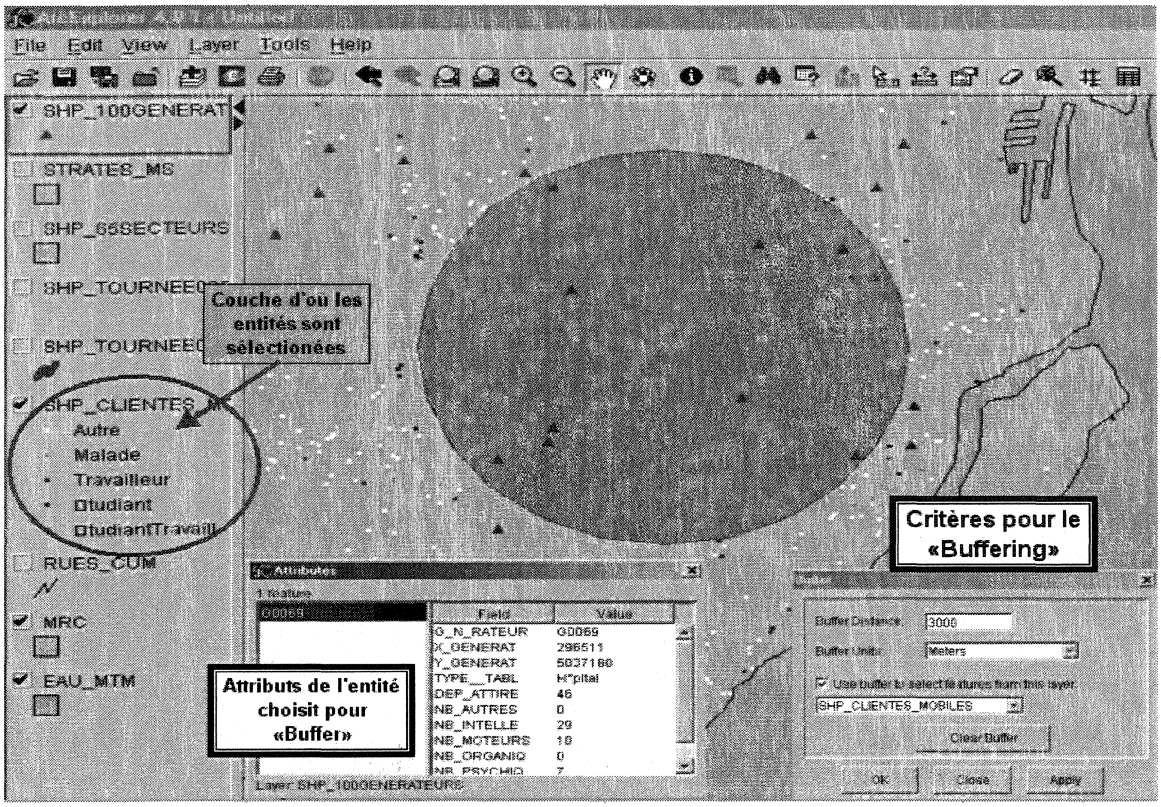


Figure 5.19 «Buffering» autour d'un générateur pour déterminer la clientèle potentielle

5.4.5 La fonction de superposition (Overlay)

La fonction «Overlay» est la plus importante dans les analyses faites avec un SIG. Comme dans toutes les opérations et fonctions existantes dans un SIG, il y a des différences dans la façon de réaliser les superpositions dans une structure matricielle ou une structure vectorielle. Dans les structures vectorielles, la superposition de couches dépend de la géométrie et de la topologie des objets. Pour superposer deux couches ou plus, la topologie doit être correcte. Cela veut dire que toutes les lignes doivent être liées aux nœuds et que tous les polygones sont fermés. Pour créer la topologie d'une nouvelle couche en utilisant la fonction de superposition, les intersections des lignes et polygones des couches à superposer doivent être calculées en utilisant la géométrie.

Il existe trois types de superpositions dans une structure de données vectorielles : les points dans un polygone, les lignes dans un polygone et les polygones dans un polygone. La fonction «Overlay» permet de superposer deux ou plusieurs couches et de trouver les entités qui sont à l'intérieur d'une entité de surface. Par exemple, en superposant la couche de clients (points) ou la couche tournée (ligne) avec la couche des secteurs politiques d'une ville, on peut sortir l'information des entités qui se trouvent dans un secteur spécifique. Une nouvelle couche avec l'information du secteur plus les attributs des entités à l'intérieur du secteur est créée pour réaliser une analyse plus performante.

5.5 Exemples des applications des Systèmes d'Information Géographique

Le manque d'une procédure adéquate de collecte des données ou le manque d'outils de traitement dans les différents organismes de transport adapté font de la planification des services un processus très difficile à accomplir. L'exploitation des systèmes d'information géographique dans l'analyse des systèmes des transports est réalisée depuis plusieurs années en Amérique comme en Europe. Les applications normalement retrouvées dans les organismes de transport ne sont pas une application unique d'un système d'information géographique, mais plutôt la combinaison de SIG et d'autres technologies comme les systèmes intelligents de transport ou la télématique.

Ces nouvelles technologies intègrent au moins trois composantes différentes qui travaillent en étroite dépendance et qui seront décrites en continuation.

Les Systèmes Intelligents de Transport Adapté (SITA)

Depuis le ADA (Americans with Disabilities Act) aux États-Unis en 1990, et la « Loi assurant l'exercice des droits des personnes handicapées » au Québec en 1980, il est établi que tout organisme de transport doit assurer le transport des

personnes handicapées dans le territoire qu'il dessert. Le service de transport adapté pour réservation par téléphone ou par Internet a joué un rôle vital dans la prestation d'un service égalitaire aux personnes âgées ou handicapées. Le service de porte à porte avec une tarification égale aux tarifs offerts par le transport en commun, a fait que l'achalandage a augmenté notablement. En même temps, les coûts associés à ce service sont très hauts et la nécessité des subventions de la part des gouvernements est toujours présente.

Pour optimiser l'utilisation des ressources sans affecter le niveau de service, les différents organismes de transport adapté ont opté pour l'implantation de systèmes intelligents de transport adapté qui utilisent et intègrent les technologies suivantes :

1. La base de données géographique

La première des technologies consiste en un système de gestion de base de données (SGBD) qui gère les différentes données spatiales dans le réseau de voirie utilisées par le système de transport adapté et nécessaires pour la visualisation des caractéristiques géométriques du réseau. Chaque lien doit avoir deux paramètres importants : la distance et le temps de parcours. Le temps de parcours est un vecteur qui représente la moyenne et l'écart type du temps de parcours en fonction de l'heure dans la journée où le déplacement est fait. Il faut tenir compte du sens pris dans un lien particulier parce que la vitesse varie selon la direction empruntée aussi. Si l'information des vitesses en temps réel n'est pas disponible, une moyenne des données historiques peut être utilisée. En utilisant une vitesse de parcours spécifique pour chaque lien, la variation de la congestion dans le secteur desservi peut être modélisée. Les délais induits par les intersections ou par les zones à vitesse réduite (i.e. zones écoliers) sont

normalement inclus dans le temps de parcours assigné à un lien ou à une zone particulière.

Le SGBD gère aussi les bases de données contenant l'information des clients, des générateurs et des tournées conçues par le logiciel de génération et de planification des tournées. La base de données des clients contient l'information relative à la géolocalisation des clients. Cette information permet de déterminer automatiquement la localisation de l'origine du déplacement. Le type d'handicap du client est une information qui aide à définir les temps d'embarquement et de débarquement, et aussi le type de véhicule et d'équipement nécessaires.

Pour rendre un service plus efficace, la base de données doit contenir l'information spatiale des générateurs ou des endroits plus visités. Avec cette information déjà rentrée dans le système, le processus de réservation est plus rapide.

Certains déplacements permettent d'utiliser différents modes de transport. Pour certains clients qui n'ont pas un niveau de handicap très élevé ou pour qui, pour avoir fait la réservation à la dernière minute, il est presque impossible de coordonner un service de porte à porte, l'utilisation d'un service intermodal est une solution appropriée. Pour coordonner les correspondances nécessaires, il faut avoir la base de données des lignes de transport en commun qui ont des facilités pour transporter des handicapés. Certains organismes de transport adapté ont des accords avec d'autres organismes qui desservent d'autres régions. Ces accords permettent de transporter un client dans différentes régions et pour cela il est nécessaire de compter sur l'information de lignes régulières afin de mieux coordonner les déplacements et les correspondances associées.

2. Le logiciel de génération et planification des horaires des tournées

Le deuxième élément d'un système intelligent de transport adapté est le logiciel de génération et de planification des horaires des tournées. Les forces de ce logiciel résident dans la considération de certains paramètres du client pour générer une tournée et son horaire et dans la production de tournées optimales. Les principaux paramètres du client à être considérés sont les temps de ramassage et de dépôt que les clients peuvent accepter, les temps d'embarquement et de débarquement de chaque client, les équipements et la disponibilité des places dans le véhicule en cas de l'utilisation d'une escorte et autres besoins spéciaux du client.

En même temps, les opérateurs du logiciel ont le contrôle sur certaines variables comme le nombre, le type, la configuration des véhicules et les quarts de travail des véhicules, la vitesse de parcours dans les différents tronçons par taille de tronçon et par période de temps dans la journée ainsi qu'en général toute l'information historique du client (déplacements réguliers, type de handicap, etc.).

Le principal objectif de ce composant est l'automatisation de la génération des tournées en vue de planifier les tournées optimales journalières. Les tournées optimales doivent considérer l'origine, la destination, les adresses communes, le temps de ramassage et de dépôt requis par le client et les équipements nécessaires pour créer des tournées qui ont le maximum de partage possible (plusieurs clients dans un même véhicule).

Pour la création des tournées optimales, le système utilise un algorithme pour le calcul des chemins les plus courts et un algorithme pour la génération des horaires. L'algorithme de calcul des chemins les plus courts doit être très puissant pour manipuler l'information des distances et vitesses sur plusieurs

milliers de tronçons et pour différentes périodes de temps dans une même journée. L'algorithme dynamique de création des horaires maîtres doit avoir une souplesse qui permette la modification des horaires automatiquement, la réassignation des tournées à un autre véhicule et la modification de la séquence d'arrêts d'une tournée.

La base de données des horaires maîtres (tournées) contient l'information sur la localisation de chaque arrêt, l'heure d'arrivée dans chaque point d'origine et dans chaque point de destination, les temps d'embarquement et de débarquement prévus et les horaires des routes fixes dans le cas d'un déplacement intermodal.

3. Le système de localisation des véhicules

Le troisième élément clé du système est le système de localisation automatique des véhicules (LAV). Les deux composants principaux de ce système sont : un GPS (Global Positioning System) et une fréquence de radio. Le GPS permet de surveiller en temps réel la localisation exacte du véhicule, ce qui permet aux préposés de prendre des décisions plus éclairées quand une modification des tournées est nécessaire ou quand se présente une annulation. Un intervalle entre 20 et 30 secondes permet d'envoyer l'information par rapport à la latitude et à la longitude de la position des véhicules, la lecture de l'odomètre, le statut du véhicule (arrêté, en marche, etc.), les messages répondus et en attente, etc.. La fréquence de radio facilite la tâche de communication en temps réel avec le véhicule.

La Société de Transport de Montréal (STM) a implanté un nouveau logiciel qui permet entre autres fonctions, la réservation du service et la création de tournées en temps réel. Ce chapitre présente la méthode utilisée par ce logiciel ainsi que d'autres systèmes utilisés ailleurs.

Le cas de Montréal

La Société de transport de Montréal (STM) a réalisé pendant l'année 2003 l'implantation d'un logiciel pour la gestion de réservation et la conception de tournées pour le transport adapté dans la grande région de Montréal. Dans le cadre de ce projet, l'École Polytechnique de Montréal a eu la tâche de réaliser la géolocalisation des données du transport adapté fournit par la STM.

Le logiciel est conçu pour aider les préposés dans l'optimisation des ressources, la gestion des fournisseurs et la prestation d'un service en temps réel aux usagers.

Quelques inconvénients ont été remarqués dans la structure du logiciel. Par exemple, la création des zones permet de simplifier le calcul des chemins les plus courts parce que l'algorithme requis est moins puissant. Mais cette forme d'agrégation va au détriment de la précision que l'on doit avoir pour le calcul de temps de parcours et finalement affecte directement l'assignation de ressources et donc son optimisation.

La création des polygones de congestion sans considérer l'évolution spatio-temporelle de vitesses dans les différentes zones définies est un pas en arrière dans le processus d'approche totalement désagrégée. Le fait d'assigner une vitesse constante à une zone déterminée sans considérer l'évolution de cette zone pendant les différentes périodes de la journée pénalise énormément la confection automatisée des tournées et la programmation des déplacements. En raison de la création des polygones de vitesses avec une agrégation par zones, la matrice des temps ne reflète pas la réalité des déplacements.

La matrice de temps dérivée de l'identification du chemin le plus court et de l'utilisation des polygones de congestion doit refléter le temps réel de parcours en considérant toutes les variables qui influencent sa détermination comme la période dans laquelle se fait le déplacement, les possibles réductions de vitesses dues aux zones d'écoliers, etc.

L'algorithme de génération des tournées des véhicules prend en compte la capacité des véhicules, le nombre et le type de véhicules disponibles, les coûts associés et la distance parcourue, les temps de déplacement et les possibilités de jumelage des déplacements, mais laisse de côté les vitesses par tronçons et leur évolution dans différentes périodes de temps comme le changement de vitesses dans les différents sens du tronçon.

Le 'SMART Paratransit Project' en Californie

Depuis 1995, le « Santa Clara Valley Transportation Agency (VTA) » a implanté une système automatisé de génération de tournées (ATSS) dans quinze villes du « Santa Clara County ». L'objectif de l'implantation de ce système était la réduction des coûts d'opération en maximisant l'occupation des véhicules dans chaque déplacement, en donnant un meilleur service et en augmentant la productivité du personnel impliqué dans l'opération.

Les trois composantes clés du projet sont : un système d'information géographique, une logiciel de génération et de planification des horaires des tournées et un système de localisation de véhicules.

La base de données géographiques liée au SIG comporte l'information spatiale du « county » (l'équivalent au Québec d'un MRC) et des « counties » adjacents pour faciliter la génération de tournées qu'inclut le déplacement à l'extérieur du

« county ». La base de données inclut l'information détaillée de noms de villes et de rues, les adresses civiques par rue, les caractéristiques du trafic (capacité, limites de vitesse, signalisation, contraintes pour tournages, etc.) et aussi l'information concernant les générateurs et les lieux de correspondance avec les autres compagnies de transport adapté.

Le logiciel de génération des tournées automatisées considère plusieurs paramètres pour l'assignation d'un véhicule à un client. Certains de ces paramètres sont les temps de ramassage, le temps de dépôt, les temps requis pour monter et descendre, la disponibilité des équipements spécialisés dans le véhicule et tout autre besoin spécial du client. Le logiciel contrôle aussi d'autres variables qui influencent les calculs de tournées comme le nombre, les types et la configuration des véhicules, la vitesse par rue en considérant la catégorie de rue et la période de temps pendant laquelle se fait la tournée. Le préposé dispose aussi de toute l'information référant au client, au type de handicap, aux déplacements les plus fréquents et à l'historique de ces déplacements pour optimiser la prise de données.

L'objectif principal du deuxième composant du système est l'automatisation du processus de calcul des horaires des tournées optimaux pour une journée en considérant les origines, les destinations, les adresses communes, les temps de ramassage et de dépôt et les équipements nécessaires pour réaliser une conception efficace des tournées en maximisant le remplissage des véhicules. Le processus de prise de l'information est développé instantanément et la liste de tournées générée est envoyée à la fin de la journée à chacun des sous-traitants pour assurer un service de 21 heures par jour, sept jours par semaine aux clients.

Les annulations et les services additionnels pendant la journée sont traités par le logiciel qui maintient à jour l'information de disponibilité des places dans chacun des véhicules de la flotte. L'information journalière des services effectués est envoyée au département de comptabilité pour facturer les clients et pour vérifier les factures envoyées par les sous-traitants.

Le troisième composant clé du système est le système AVL (Automatic Vehicule Location). Ce système qu'utilisent des GPS (Global Positioning Systems) différentiels et une fréquence de radio privée, permet de savoir la position des véhicules en temps réel pour rendre la prise de décisions plus facile ainsi que la coordination des correspondances avec d'autres modes de transport. L'information est présentée sous forme de tableau et aussi avec un visualisateur des SIG disponible à l'usager via Internet. Cette information est mise à jour chaque 20 à 30 secondes et peut contenir des données sur la géolocalisation des véhicules, l'heure, la lecture de l'odomètre, le statut du véhicule, etc. Les chauffeurs peuvent répondre à huit (8) différents messages prédéfinis et huit (8) messages réguliers. Les messages comme : « tournée complétée », «annulation », «places disponibles », sont facilement transférés à la centrale des communications et la mise à jour est faite pour les préposés.

Avec les trois composants mis en place, le modèle intermodal était implanté. Le modèle intermodal permettait le transfert d'un client se déplaçant dans une tournée de transport adapté déterminée à une route fixe de transport en commun. Une nouvelle base de données avec l'information des routes fixes était créée et intégrée dans le système de conception de tournées. La condition était que l'origine ou la destination du déplacement devait être située dans le corridor de la route fixe. Le segment de route fixe est choisi automatiquement en repérant l'horaire de la route fixe et l'heure d'arrivée du véhicule de transport adapté.

L'information est validée pendant la journée pour assurer que la connexion est encore valide.

Pendant la première année d'opération, les coûts mensuels de transport ont suivi une diminution de 13% par rapport aux coûts mensuels totaux. Cette diminution est expliquée par le fait que l'implantation du système de planification des horaires des tournées (ATSS) a eu un effet positif en augmentant le nombre passagers-kilomètres et donc le coût unitaire a été renégocié avec les fournisseurs de véhicules. Le pourcentage de partage de véhicule ou le taux d'occupation de véhicules a aussi augmenté de 38% à 55%.

L'utilisation des SIG dans le domaine du transport est devenue un outil incontournable pour faciliter la tache des planificateurs de transport à travers le monde. Les SIG jumelés avec les STI sont devenus la meilleure autoroute pour bien gérer les objets du transport dans un contexte spatialement géoréférencié. (Husdal, 2000).

Les SIG ont transformé la façon de présenter l'information aux usagers et aux planificateurs. Grâce aux SIG, la visualisation des cartes est maintenant plus amicale. De la présentation des cartes dans un format 2D avec des sections transversales ou avec une photo aérienne au fond de la carte, on a évolué vers la visualisation 3D des routes avec une perspective à œil d'oiseau (Sinclair, 1999). La visualisation des autres phénomènes comme les patterns des accidents ou les zones requérant une intervention des départements des travaux publics est plus facilement identifiée et des mesures plus efficaces sont alors mises en place.

Une des applications plus fréquentes des SIG est l'analyse des réseaux routiers. Basé dans la théorie des graphes initialement étudiée par Leonhard Euler en

1736, le calcul des plus courts chemins entre deux différents points d'un réseau est une des applications des SIG qui intéresse le plus les gestionnaires de réseaux. Les routes font partie de l'infrastructure d'une société moderne et le fait de trouver une congestion dans un système de voirie fait que la détermination du meilleur chemin à prendre pour sauver le temps et l'argent est essentielle dans l'opération d'un système de transport de personnes ou de marchandises. Aujourd'hui, il existe des dizaines de logiciels dans le marché qui permettent de la planification d'un voyage de vacances à la planification de tournées et l'optimisation des flots pour rendre un service avec le meilleur ratio coûts/bénéfice.

La planification des tournées est une façon d'accroître l'exploitation optimale d'un système de transport. L'utilisation des systèmes de navigation en véhicule est un autre outil qui permet de s'informer sur la route à prendre dans le cas d'une petite déviation pour rendre un service de dernière minute à un usager. L'optimisation des parcours est vitale pour les compagnies qui gèrent un système de transport en commun adapté ou des marchandises, mais la connaissance de la localisation en temps réel des véhicules est cruciale pour mieux gérer le flot de véhicules. L'utilisation de GPS permet de réagir, une fois que l'information des incidents survenus dans une tournée est disponible au public, en permettant faire les corrections du parcours nécessaires. Les systèmes de transport intelligent ont permis la diffusion de l'information du trafic en temps réel via la radio ou l'Internet.

La définition générale d'un Système d'Information Géographique (SIG) le décrit comme un outil pour la visualisation et l'analyse de données. Les données sont gérées par un Système de Gestion des Bases de Données (SGDB) qui est lié directement au SIG. La combinaison de ces deux systèmes avec une visualisation en 3D rend les applications illimitées. Mais même si l'information

spatiale du réseau est visualisée d'une façon très claire, il faut faire attention aux données associées parce qu'une mauvaise information peut envoyer un véhicule vers le chemin équivoque ou dans un cul de sac, par exemple. Pour cette raison l'information doit être mise à jour de manière régulière.

CHAPITRE 6. CONCLUSIONS

L'objectif principal de cette recherche consistait à démontrer les potentialités des S.I.G. comme invitation et contribution à une analyse systémique du transport adapté. L'utilisation des technologies légères comme les tableurs et les systèmes de gestion de base de données nous a permis d'illustrer les caractéristiques de chacun des objets qui font partie du système.

Au présent, les données sont saisies en temps réel grâce aux technologies disponibles (GPS, Internet, etc.). L'utilisation de telles technologies de gestion de l'information de façon interactive ne font qu'améliorer l'intégrité des données. Les données opérationnelles recueillies de façon nombreuse et constante doivent être saisies d'une façon très organisée pour éviter des enregistrements qui induisent directement aux erreurs et finalement à une réduction de la qualité des analyses.

Il faut souligner que le fait de disposer, au sein du groupe MADITUC, des répertoires géomatiques a beaucoup facilité la tâche d'intégration des données opérationnelles dans un système d'information géographique. Tout projet qu'ait comme principal objectif l'analyse des données avec l'aide des systèmes d'information géographique doit compter sur les éléments géomatiques appropriés.

Pour conclure, nous présenterons certaines commentaires sur les différents points abordés pendant notre recherche.

6.2 La demande

Les analyses effectuées sur le comportement de la clientèle de transport adapté illustrent la récurrence des déplacements réalisés. 74% des déplacements effectués par année (selon les statistiques du Ministère du transport du Québec) sont de type régulier et le reste sont de type occasionnel. Ce caractère prévisible de la mobilité des personnes handicapées rend le travail de prévision de la demande plus commode.

L'analyse des données comportant l'information opérationnelle d'une semaine de service a dévoilé des patrons comportementaux très intéressants sur la population étudiée. Sûrement qu'une étude plus détaillée comportant un horizon d'analyse d'une année (approximativement 1 300 000 déplacements) apportera toute l'information requise pour prévoir la demande de façon saisonnière et incrémentera la connaissance des habitudes de la clientèle d'une manière désagrégée au maximum.

L'exploitation des données des destinations des déplacements nous a permis de dériver avec un bon dégrée de résolution la nature des différents générateurs. Cette nouvelle caractéristique attribuée aux lieux de destination a agréé la déduction des attributs qui sont venus à enrichir la connaissance de l'emploi du temps de la clientèle et des usages du territoire.

Les potentialités apportées par les systèmes d'information géographique s'avèrent très utiles parce qu'elles permettent la visualisation en temps réel des objets qui forment le transport adapté.

Pour mieux gérer la demande de transport adapté, une gestion doit être réalisée entre les différents organismes qui donnent des services médicaux ou de réhabilitation aux handicapés. Une coordination plus étroite entre les organismes

de transport adapté et les générateurs des déplacements permettra par exemple, la synchronisation des tournées avec les rendez-vous médicaux ou les ateliers de réhabilitation. La sectorisation du service pour éviter de longs déplacements afin d'atteindre un générateur totalement opposé au lieu de résidence pourrait être aussi étudiée.

6.2 L'offre

L'analyse des temps et distances à vide permet une visualisation rapide des problèmes logistiques qui existent pour atteindre des taux d'occupation de minibus acceptables. Leur visualisation en temps réel permettra l'intégration de nouvelles demandes et d'ajuster l'offre en conséquence.

La création des indicateurs pour analyser les temps d'improductivité ou les distances parcourues en trop par un client donnent de nouveaux instruments qui aident à la prise de décisions des préposés chargés de la fabrication de tournées.

6.3 Les nouvelles technologies

L'exploitation des nouvelles technologies informationnelles a pour but d'analyser la situation du transport adapté et de produire une interface informatique graphique pour en déduire une meilleure clarification des enjeux de planification opérationnelle en visualisant les différents phénomènes présentés.

BIBLIOGRAPHIE

AGENCE MÉTROPOLITAINE DE TRANSPORT (1999). L'intégration des services de transport adapté dans la région de Montréal , Colloque sur le transport adapté, ACTU – ARUTAQ, Montréal, 27 diapositives.

BABIN, A., MAJOR, F. (1990). Étude des coûts et de la performance des services de transport adapté des organismes publics de transport – Approche méthodologique et étude de cas : la C.T.C.R.O. , Ministère des transports du Québec – Études et recherches en transports, 81 pages.

BUSSIÈRES, Y., THOUEZ, J.P., BERNARD, A. (1998). Enquête québécoise sur les limitations d'activités, Chapitre 9, 23 pages.

CHAPLEAU, R. (1992). La modélisation de la demande de transport urbain avec une approche totalement désagrégée, Selected Proceedings of The World Conference on Transportation Research, WCTR Society, Lyon, France, volume II, pages 937-948.

CHAPLEAU, R. (1999). Analyse totalement désagrégée de la mobilité des travailleurs Montréalais, Revue Routes et transport, Montréal, 15 pages.

CHAPLEAU, R. (2002). Mobilité des personnes âgées à Montréal en 1993: Analyse désagrégée, Livre Démographie et transport: Villes du nord et villes du sud, 15 pages.

CHAPLEAU, R., ALLARD, B. (1982). L'ère des systèmes d'information fondé sur une analyse désagrégée pour la prise de décisions en transport urbain, Congrès annuel de l'Association des transport du Canada, Québec, Volume 3.

CHAPLEAU, R., Allard, B., Canova, M. (1982). MADITUC, un modèle de planification opérationnelle adapté aux entreprises de transport en commun de taille moyenne, Revue FORUM, ARTC, Halifax, no. 6.

CHAPLEAU, R., Allard, B., Trépanier, M. (1996), Caractérisation objective du transport adapté à la Société de transport de la Communauté urbaine de Montréal., Rapport final, Groupe MADITUC et Société de transport de la Communauté urbaine de Montréal, Montéal, 66 pages.

CHAPLEAU, R., Allard, B., Trépanier, M. (1997), Transit path calculation supported by a special GIS-transit information system, Transportation Research Record, Washington D.C., no.1521, pages 98-111.

CHAPLEAU, R., Trépanier M., Allard, B. (1998), Practical implementations of object-oriented GIS-T, World Conference on Transportation Research, Anvers, Belgique.

CHIRA-CHAVALA, T., VENTER, C. (1997). Cost and Productivity of a "Smart" Paratransit System, Transportation Research Record No. 1571, Washington D.C., 7 pages.

DURAND, D., NUNEZ, E. (2002). Pour une pédagogie opérationnelle de l'approche systémique, 5^{e} Congrès Européen de Systémique, Crête, 9 pages.

FLETCHER, D. (2000). Geographic Information Systems for Transportation – A Look Forward, Transportation Research Board, Committee on Spatial Data and Information Science. Washington D.C., 8 pages.

FU, L. (2001). Simulation Model for Evaluating Intelligent Paratransit Systems, Transportation Research Record No. 1760, Washington D.C., 7 pages.

FU, L., XU, Y. (2001). Potential Effects of Automatic Vehicle Location and Computer-Aided Dispatch Technology on Paratransit Performance, Transportation Research Record No. 1760, Washington D.C., 7 pages.

HARRIS, Bobby (2002), Web-Based Rideshare, GIS for Transportation Symposium, Atlanta.

HEYWOOD, I., CORNELIUS, S., CARVER, S. (2002), Geographical Information Systems, Prentice Hall, Second edition.

HUSDAL, J. (1999). Road Transportation Management, Vehicle routing and tracking, Université de Leicester, Angleterre. Fichier informatique téléchargé sur Internet. URL http://www.husdal.com/gis/print/transport.htm.

INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC (2001). Collection la santé et le bien-être. Enquête québécois sur les limitations d'activités 1998, Québec, 512 pages.

JAVID, M., SENEVIRATNE, P., ATTALURI, P., AGUILAR, J. (1994). Application of Geographic Information Systems in Planning Transit Services for People with disabilities, Transportation Research Record No. 1429, 9 pages.

LANG, L. (1999), Transportation GIS, Environmental Systems Research Institute, Inc. Publications.

LONGLEY, P., GOODCHILD, M., MAGUIRE, D., RHIND, D. (2001). Geographic Information – Systems and Science, Wiley & Sons Ltd., Angleterre, 454 pages.

MATHIAS, R., LAVE, R. (2000). State of the Art of Paratransit, Transportation Research Board, Washington D.C., 7 pages.

MANHEIM, M. (1979), Fundamentals of Transportation Systems Analysis, The MIT Press.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (2004). Modalités d'application du programme. Document d'information au public sur le programme d'aide financière. Format .pdf (447 Ko). Fichier informatique téléchargé sur Internet. URL http://www.mtq.gouv.qc.ca/fr/services/programmes/c12.asp.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (2001). Répertoire statistique Transport adapté. Document d'information au public. Format .pdf (2,54 Mo). Fichier informatique téléchargé sur Internet. URL http://www.mtq.gouv.qc.ca/fr/modes/personnes/adapte/index.asp.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (1996). Transport terrestre des personnes – Bilan et perspectives, Pages 29 – 48.

NIELSEN, O. et al, (2001). Intelligent Management of Multi Modal Network Data, Environmental Systems Research Institute, Inc. Publications.

NIELSEN, O., FREDERIKSEN, R. (2001). Rule – based object – oriented modelling of public transport systems, Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research, Seoul, 10 pages.

PAGANO, A., METAXATOS, P. KING, M. (2001). How Effective Is Computer-Assisted Scheduling and Dispatching in Paratransit?, Transportation Research Record No. 1760, Washington D.C., 7 pages.

ROUX, B. (2001). Exploration du transport adapté à Montréal en vue d'une planification en temps réel, Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal, 150 pages.

STM (2003). Transport contact, Bulletin d'information des usager du transport adapté. Format .pdf (603 Ko). Fichier informatique téléchargé sur Internet. URL http://www.stcum.qc.ca/t-adapte/contact.htm

STM (2003). Transport contact, Bulletin d'information des usager du transport adapté. Format .pdf (73 Ko). Fichier informatique téléchargé sur Internet. URL http://www.stcum.qc.ca/t-adapte/contact.htm

TRÉPANIER, M. (1999), Modélisation totalement désagrégée et orientée-objet appliquée aux transports urbains, Thèse de doctorat, École Polytechnique de Montréal, 229 pages.

TRÉPANIER, M., CHAPLEAU, R. (2001), Linking Transit Operational Data to Road Network with a Transportation Object – Oriented GIS, Urban and Regional Information System Association Journal, Park Ridge, IL, vol.13, no.2, pages 23-27.

TRÉPANIER, M., CHAPLEAU, R., ALLARD, B. (2002a), GIS architecture for transit information website, GIS for Transportation Symposium, Atlanta.

TRÉPANIER, M., CHAPLEAU, R., ALLARD, B. (2002b), Geographic Information System for Transportation Operations : Models and Specificity, 4e Conférence spécialisée en génie des transports de la Société canadienne de génie civil, Montréal.

TRÉPANIER, M., CHAPLEAU, R., ALLARD, B. (2001), Perspectives d'application de la géomatique en planification des transports, 36e congrès de l'Association québécoise de transport et des routes, Laval.

TRÉPANIER, M. CHAPLEAU, R. (1997), SIG-TOO, applications pragmatiques sur des technologies légères, 32^{e} Congrès de l'Association Québécoise du transport et des routes, Trois-Rivières, 18 pages.

VENTER, C. (2001). Potential Effects of Next-Day Reservation Policies on Users of Americans with Disabilities Act Paratransit Systems, Transportation Research Record No. 1760, Washington D.C., 7 pages.